



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA, BIOTECNOLOGÍA Y
MATERIALES

ACTUALIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS
INTEGRAL PARA LOS NIVELES DE TOMA DE DECISIÓN
ESTRATÉGICA, TÁCTICA Y OPERATIVA PARA LA INGENIERÍA
QUÍMICA.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL QUÍMICO

CRISTIAN ANDRÉS ROJAS SALAMANCA

PROFESOR GUÍA:
FELIPE ANDRÉS DÍAZ ALVARADO

PROFESOR CO-GUÍA:
RICHARD ALEJANDRO MARTÍNEZ CARO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JOSÉ CRISTIAN SALGADO HERRERA
PABLO RAMÍREZ RIVAS

SANTIAGO DE CHILE

2020

Resumen

Dentro de la industria de procesos los ingenieros se ven constantemente enfrentados a dilemas éticos pues sus decisiones pueden tener efectos, deseados y no deseados, sobre la sociedad y el medioambiente. Por lo anterior es que Richard Martínez, en su memoria presentada al DIQBM, *Dilemas Éticos en la Ingeniería Química*, con base en un estudio de los principios y herramientas que rigen la actividad ingenieril, determinó la necesidad de un criterio para la evaluación de proyectos que integre variables éticas. Con este propósito fue creada la Herramienta de Análisis Integral (HAIN), que evalúa la factibilidad ambiental y social de un proyecto mediante una reflexión cualitativa para encontrar una decisión acorde con el compromiso ético del profesional. Ahora bien, esta herramienta fue ideada para decisiones estratégicas o de largo plazo, que involucran periodos de tiempo de un año o más, por ejemplo, la instalación de una planta industrial.

Dado que las decisiones ingenieriles muchas veces son de mediano o corto plazo, se propone extender esta herramienta a los niveles de ejecución táctico y operativo. Una decisión operativa es aquella que se toma cotidianamente en una planta (p. ej. planificación de tiempos, despachos, procesamiento de pedidos, imprevistos), mientras que una decisión táctica es aquella que condiciona la conducta de la planta durante semanas o meses (p. ej. niveles de producción). Para extender la herramienta a los niveles mencionados se entrevista a ocho profesionales de la ingeniería química que se hayan desempeñado en plantas de procesamiento o en consultoras asociadas a estas, considerando en la muestra diferencias de género y experiencia. Estas entrevistas son usadas junto a diferentes códigos de ética de ingeniería para la obtención de otra Base Ética Propuesta (BEP), de la que surgen las preguntas que componen la nueva HAIN para los niveles táctico y operativo. Con esto se provee con una guía para optimizar y modificar la operación de procesos industriales considerando aspectos éticos y de sustentabilidad. Sumado a lo anterior, a raíz de las necesidades éticas, ambientales y sociales que existen en la actualidad y el vínculo de la ingeniería química con ellas, se propone una actualización de la Base Ética Propuesta y consiguiente HAIN ideadas por Martínez, según tres puntos ligados con la sustentabilidad: Cambio Climático, Economía Circular y vulnerabilidades sociales.

Se aplican las nuevas versiones estratégica, táctica y operativa de la HAIN a tres casos de estudio obtenidos y adaptados de las entrevistas, cada uno diferente según el nivel de toma de decisión. El primer caso de estudio corresponde a un proyecto de tranque de relaves y la metodología *Best Available Technology*. El uso de la HAIN estratégica muestra que es importante mantener el acuerdo y trabajo con las comunidades pues existe incertidumbre sobre los efectos a largo plazo del proyecto, y se analiza la aplicación de la Economía Circular en este residuo. El segundo caso, una decisión táctica, abarca un problema de aumento de los niveles de producción de una planta. La HAIN refleja un problema de cultura organizacional como también falta de reflexiones. Por último se aplica la HAIN operativa en un problema de asignación unilateral de trabajadores desde un área a otra, demostrándose igualmente una falta de reflexión y diálogo en la decisión.

Del trabajo se concluye que las HAIN resultan útiles para guiar la reflexión y para revelar problemas éticos que de otro modo sería más difícil visualizar, aunque esta capacidad depende fuertemente de la autoexigencia y transparencia demostradas por el tomador de decisiones. Se proyecta que las herramientas desarrolladas sean aplicadas durante la formación ingenieril pues son los estudiantes quienes generalmente tienen más flexibilidad en el análisis y el enlace entre ética e ingeniería puede ser visible durante su todo su ejercicio profesional.

Only in darkness does the flower take hold.

It blooms at night,

It blooms at night.

Protomartyr

Agradecimientos

A mi madre y padre. Por darme las alas y guiarme en el tortuoso camino.

A mis amigos y amigas de la carrera y de mucho tiempo más: Dani, Vane, Romi, Javi, Benja, Talo, Franco, Diego, Renán. Son un tesoro realmente invaluable, gracias por su amistad, los amo y seguiré amando.

A mi amiga Valeria. You are my person.

A mis amigos y amigas que conozco desde el colegio: Zelaya, Tami, Keiko, Arturo, Luchin. Fueron parte de mi adolescencia y juventud, son tantas las anécdotas con ustedes que aún conservo. Les tengo un gran aprecio y cariño.

A mis amigos y compañeros de ingeniería en minas: Seba, Lucho, Godi, Nacho, Jupu, Hugo. Aprendí mucho con ustedes y fue un agrado cursar junto a ustedes.

A mis amigos y compañeros de la Izquierda: Wiki, Gus, Gonza, Danko, Varas. Por el coraje que tienen para querer cambiar el mundo.

A quienes conocí en mi anterior laboratorio: Matías, Isaac, Jacque, Carla. Por el apoyo, los buenos momentos y las anécdotas.

A mi profesor guía, Felipe. Por atreverte a emprender este trabajo conmigo. Has sido realmente un guía para mí.

A mi profesor co-guía, Richard. Por permitirme innovar sobre su creación.

A la profesora Andrea y al profesor Pablo. Por aquellas gratas discusiones filosóficas que tuvimos, sin duda fueron un gran aporte en mi trabajo.

A la profesora Claudia. Por ayudarme y darme la oportunidad de presentar mi trabajo en su curso.

A mi amiga Jenny. Por sus comentarios pertinentes y sabios, tanto sobre mi trabajo como el bienestar, sin duda una gran profesional.

A quienes han sido mis terapeutas, Antonieta, Cynthia. Han hecho de mi mundo interior uno de mayor paz.

A Renato, Diana, Fifi y Yui. Por ser mi mayor depósito de amor y cariño.

A la generación de IQBM de la que fui parte. Por haberme hecho parte de ustedes, fueron estupendos compañeros y compañeras.

A mi alma mater, la Universidad de Chile. Por su vocación pública, espero ser un gran profesional en su nombre.

Tabla de contenido

1.		Introducción.....	1
	1.1.	Antecedentes generales	1
	1.2.	¿Por qué actualizar la Herramienta de Análisis Integral?	4
2.		Objetivos, alcances y limitaciones	6
	2.1.	Objetivo General	6
	2.2.	Objetivos Específicos	6
	2.3.	Alcances	6
	2.4.	Limitaciones	7
3.		Antecedentes	8
	3.1.	Ingeniería y Cambio Climático	8
	3.2.	Objetivos de Desarrollo Sostenible	9
	3.3.	Economía Circular.....	12
	3.4.	Modelos de análisis de riesgo.....	17
	3.4.1.	Análisis costo-beneficio (ACB)	17
	3.4.2.	Principio Precautorio.....	18
	3.5.	Base ética propuesta (BEP) de Richard Martínez [10].....	19
	3.6.	Herramienta de Análisis Integral (HAIN) [10]	21
4.		Metodología.....	24
5.		Análisis de la BEP.....	28
	5.1.	Análisis preliminar de la BEP	28
	5.1.1.	Análisis de aspectos sociales de la BEP	28
	5.1.2.	Análisis de aspectos ecológicos de la BEP	31
	5.1.3.	Análisis del Bien Común en la BEP.....	32
	5.2.	Ética para tiempos de Cambio Climático: comparación de la BEP con los principios UNESCO.	33
	5.2.1.	Rol activo de los proyectos ingenieriles para combatir el Cambio Climático	37
	5.2.2.	Principio precautorio según la Unesco.....	38
	5.2.3.	Consideración por género y por comunidades más pobres y vulnerables	39
	5.2.4.	Solidaridad y cooperación entre agentes	40
6.		Tipos de decisiones: Decisiones operativas, tácticas y estratégicas.....	43
	6.1.	Características y desafíos de las decisiones operativas, tácticas y estratégicas	45
7.		Herramienta de Análisis Integral para decisiones estratégicas	48
	7.1.	Actualización de BEP [10] para nivel estratégico.....	48
	7.2.	Actualización de HAIN [10] para nivel estratégico	53
8.		Herramienta de Análisis Integral para decisiones tácticas y operativas	55
	8.1.	BEP para nivel táctico y operativo	55
	8.2.	HAIN nivel táctico	64
	8.3.	HAIN nivel operativo.....	65
9.		Estudios de aplicación para las diferentes Herramientas de Análisis	

Integral	67		
9.1.	Caso HAIN para nivel estratégico.....	67	
9.1.1.	El proceso	68	
9.1.2.	Best Available Technology (BAT) para manejo de relaves	71	
9.1.3.	Consideraciones.....	75	
9.1.4.	Aplicación de la HAIN estratégica al caso de estudio	78	
9.1.5.	Acciones a seguir.....	88	
9.1.6.	Discusiones.....	90	
9.2.	Caso HAIN para nivel táctico	92	
9.2.1.	Antecedentes	92	
9.2.2.	Aplicación de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones		
tácticas	93		
9.2.3.	Acciones a seguir.....	99	
9.3.	Caso HAIN para nivel operativo	100	
9.3.1.	Antecedentes	100	
9.3.2.	Aplicación de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones		
operativas	102		
9.3.3.	Acciones a seguir.....	105	
9.3.4.	Discusiones.....	106	
10.	Discusiones y reflexiones generales.....	109	
11.	Conclusiones	112	
12.	Bibliografía.....	114	
13.	Glosario	125	
Anexos		126	
	Anexo 1: Consentimiento informado	126	
	Anexo 2: Base Ética Propuesta Estratégica.....	129	
	Anexo 3: Entrevistas realizadas	134	
	Anexo 4: Valores en conflicto dados en entrevistas.....	154	
	Anexo 5: Proceso de generación de HAIN Táctica y Operativa.....	158	
	Anexo 6: Cálculo de porcentaje de aporte sobre el PIB regional.....	161	

Índice de figuras

Figura 1: Esquema simplificado de una Economía Circular. [49]	13
Figura 2: Esquema de la formulación de la HAIN, donde la primera columna son los principios de la BEP y la segunda las preguntas de la HAIN. [10].....	21
Figura 3: Algoritmo de las etapas de la Evaluación de Proyectos. [10].....	23
Figura 4: Esquema procesamiento formulación de preguntas desde entrevistas para los primeros borradores de la HAIN, niveles táctico y operativo, elaboración propia.	26
Figura 5: Esquema metodológico, elaboración propia.	27
Figura 6: Niveles jerárquicos de decisión y su respectiva actividad en una cadena de suministros. [124]	44
Figura 7: Representación gráfica de la Herramienta de Análisis Integral, actualizada.	54
Figura 8: Representación gráfica de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones nivel táctico. En amarillo los valores de precisión y rigor, morado los de ejercicio responsable e integro, rojo justificación y calipso equidad y respeto.	65
Figura 9: Representación gráfica de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones nivel operativo.	66
Figura 10: Esquema del procesamiento de minerales de cobre típico. Adaptado al español desde [153].	69
Figura 11: Métodos de construcción de tranques de relaves. La primera figura corresponde al método "Aguas Abajo", la segunda al método "Eje Central" y la última al método "Aguas arriba", este último prohibido en Chile desde 1970 por ser menos seguro. [148].....	71
Figura 12: Proceso de generación de HAIN Táctica y Operativa a partir del código de ética de la Royal Academy of Engineering [82], y los casos presentados en las entrevistas.....	160

Índice de tablas

Tabla 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible [40]	10
Tabla 2: Tabla comparativa entre los Principios Éticos en relación con el Cambio Climático, promovido por la UNESCO, y la Base Ética Propuesta de la HAIN versión estratégica.	35
Tabla 3: Síntesis de análisis de la BEP con lo que falta abordar en cada punto.	42
Tabla 4: Características de los niveles de decisión estratégica, táctica y operacional en ingeniería de acuerdo con 8 dimensiones diferentes. [129].....	46
Tabla 5: Actualización de la Base Ética Propuesta existente para la HAIN de decisiones de nivel estratégico.	48
Tabla 6: Valores que son directamente puestos en conflicto en los casos presentados en entrevistas.	154

1. Introducción

1.1. *Antecedentes generales*

A inicios del presente año, 2019, la sociedad chilena se enteraba de un grave desastre de contaminación de agua que afectaba a la ciudad de Osorno, región de Los Lagos. Producto de un error humano, al suministrar petróleo al equipo electrógeno de respaldo se provocó un derrame en la bocatoma que va hacia la planta de tratamiento Caipulli, propiedad de Essal, de cerca de 1.100 litros de este componente en el río Rahue. Esta situación dejó sin agua durante 10 días a los habitantes de Osorno, unas 200.000 personas aproximadamente, y la gravedad de este hecho se comprende mejor al tener en cuenta que se vulneró el derecho humano al agua de estos ciudadanos [1]. Hasta ahora no se han determinado responsabilidades penales por este caso, sin embargo, esta no es la primera vez que la empresa se encuentra enfrentada a problemas de contaminación ambiental: el año 2018, dos ejecutivos, el gerente general Hernán Köning y la jefa de procesos de saneamiento a cargo de la operación de la planta de tratamiento de aguas servidas, Paula Hormazábal, fueron formalizados tras acusaciones de contaminación en el Río Clavito en la comuna Los Muermos. Lo anterior producto de la liberación de aguas servidas al estero el año 2014, a sabiendas que la planta no cumplía con la normativa, haciendo peligrar la vida de la flora y fauna del sector [2]. Situaciones como las descritas anteriormente no son exclusivas de Essal en particular, sino que son varias las empresas e instituciones ligadas a la industria de procesos que constantemente están sometidas a riesgos y entre cuyas consecuencias posibles está el llegar a cometer errores de la magnitud de desastre ambiental, o inclusive accidentes fatales.

Ahora bien, se podría argumentar que los casos anteriormente nombrados corresponden al ámbito de la responsabilidad legal, y que solo mediante esta es posible evitar que se cometan acciones que terminen con catástrofes como las mencionadas anteriormente. Sin embargo, los desastres son la punta del iceberg de una serie de malas prácticas, de decisiones que no son lo suficientemente reflexionadas y que se realizan en el ámbito ingenieril dentro del país, poniendo en riesgo la integridad de trabajadores, la sociedad y el ecosistema en su conjunto, y que no necesariamente son ilegales. Y es aquí donde aparece el rol de la ética profesional, puesto que el alcance de esta va más allá del alcance de las propias leyes. Conviene en ese sentido usar la distinción que hace Heinz Luegenbiehl respecto a ambas: “Las leyes establecen un estándar mínimo para los comportamientos y son legalmente exigibles. Por el contrario, la ética establece estándares para los comportamientos buenos más que simplemente mínimamente aceptables, y podría no ser legalmente exigible.” [3]

La pregunta que ahora podría hacerse es por qué es útil la ética para la ingeniería en particular, y la respuesta radica en el hecho de que los ingenieros tienen un impacto tal en la sociedad, su economía y el medioambiente, ya sea de forma positiva o negativa, que muchas veces no es tomado en cuenta. Michel Callon y John Law comparaban a los ingenieros con activistas sociales, dada la capacidad que tienen ellos de diseñar sociedades y organizaciones para que estas se adapten a las maquinarias que ellos mismos crean [4]. La ética, en tanto, es uno de los valores más importantes para el desarrollo normal de una sociedad: los valores éticos, cuando son definidos en conjunto, previenen las conductas destructivas que puedan tener algunos sujetos o colectivos sobre otros. Y por lo mismo, dada la capacidad que tiene un ingeniero de alterar las dinámicas sociales de una comunidad es que se hace necesario estudiar la ética en la ingeniería, con tal de que las decisiones de los ingenieros no estén parciales únicamente hacia criterios técnicos y económicos sin tomar

en cuenta lo social y ambiental.

En estos casos se entenderá la ética de la ingeniería desde el punto de vista de Carl Mitcham [5], quién argumentaba que el rol de la ética profesional no es ni promover el respeto por las obligaciones profesionales y el comportamiento correcto, ni tampoco aplicar teoría, sino que es un trabajo reflexivo respecto a un contexto específico de las acciones humanas: la ingeniería. Ahora bien, ¿qué es un trabajo reflexivo? Concretamente, ¿qué incluye esa reflexión para ser profesionalmente ética? Ese es, justamente, el ámbito de este trabajo.

Diversos trabajos se han realizado detectando la necesidad estudios éticos. Por un lado, trabajos como el de Marcos García de la Huerta en *La ética en la profesión de ingeniero*, quien argumentaba que la ingeniería ha quedado a disposición de exigencias del mercado, confundiendo ética con eficiencia [6], y por otro lado, trabajos que detectan lo insuficientes que son los códigos de ética para ingenieros: Ester Giménez mostraba la imposibilidad de los actuales códigos de prever todas las situaciones y dilemas morales con que uno se encuentra en la vida profesional producto de la evolución de las sociedades y el hecho de que estos no obligan a los profesionales a cumplir con los mismos [7], situación que se repite del mismo modo en Chile, mientras que para la Ingeniería Química en particular, Jeffrey Kovac detecta que “códigos como el ACS (American Chemical Society) o el RSC (Royal Society of Chemistry of the United Kingdom) son demasiado introspectivos, preocupados por la imagen de la química y de cómo los químicos se tratan entre sí, dejando de lado problemas éticos de nuestro tiempo, como la integridad en la investigación y el impacto de la química en la sociedad” [8].

Por lo mismo, otros tantos trabajos se han propuesto para cubrir esta falta de reflexión ética, como, por ejemplo, la *Matriz de Evaluación* propuesta por el filósofo y matemático Javier Echeverría, que se propone evaluar la aplicación de la tecnociencia en base a la satisfacción de ciertos valores que define previamente [9]. Una ventaja de esta herramienta es que no solamente juzga la actividad tecnocientífica a partir de la ética, sino que también aplica otro conjunto de valores tales como epistémicos, técnicos, económicos, políticos, jurídicos, ecológicos, sociales, etc., aunque esto le suma una complejidad extra al ser múltiples los valores en cuestión y múltiples también los componentes posibles a evaluar de una acción tecnocientífica¹.

De igual modo también existe la *Herramienta de Análisis Integral* (HAIN) ideada por el ingeniero químico Richard Martínez [10], que será tomada como referencia principal en este trabajo. Para la creación de esta herramienta, en la tesis de Martínez se define una *Base Ética Propuesta* (BEP) con una serie de principios éticos para orientar la acción de los ingenieros químicos. Con esta base, Martínez crea la HAIN, que funciona como un set de preguntas guía para la reflexión ética del profesional. Esta herramienta se enmarca en la Evaluación de Proyectos, por lo que se utiliza entre cada etapa de esta (idea, perfil, prefactibilidad y factibilidad), y ayuda a la elección del mejor proyecto en base no solo de los criterios económicos y técnicos, considerando también componentes éticos y sociales. Lo novedoso de esta herramienta radica en la amplitud de las preguntas y posterior análisis a los que pocas veces se enfrentan los ingenieros químicos, poniendo énfasis en el bienestar social. Entre las conclusiones que se extraen de su trabajo están

¹ Echeverría los clasifica en agente, acción, lo que se hace, aquello a lo que se le hace, los instrumentos con los que se hace, el lugar o escenario donde se actúa, las condiciones en las que se lleva a cabo la acción, las intenciones o finalidades del agente, las reglas conforme a las cuales se actúa, los resultados de la acción, las consecuencias que se derivan de la acción y, por último, los riesgos que implica.

que el utilitarismo y la tecnocracia han ocultado la dimensión ética y moral de la ingeniería, y que, en ese sentido, la BEP es un punto de partida de la reflexión del sentido de la profesión, con tal de determinar el tipo de ingeniería que la sociedad realmente necesita [10].

Por otra parte, es necesario recalcar que el impacto de las decisiones depende de varios factores, en particular del nivel de toma de decisión, a saber: la planificación estratégica, táctica y operativa [11]. Por definición, las decisiones estratégicas son aquellas que tienen efectos a largo plazo en la firma, las tácticas son aquellas que abarcan decisiones a largo o medio plazo, que generalmente varían entre una vez cada trimestre y una vez al año, y por último las operativas son aquellas que se refieren a decisiones que varían diariamente [12]. Es posible identificar que el propósito de la Evaluación de Proyectos y con esta, de la HAIN, es estudiar las decisiones a largo plazo o estratégicas llevadas a cabo por un profesional o equipo de profesionales de la ingeniería. Resultaría interesante entonces estudiar el efecto e impacto que tienen los otros niveles de decisión en general y cómo tales impactos podrían configurar una reflexión ética de los profesionales a cargo antes de tomar una decisión.

Por último, se tiene la situación del Cambio Climático. Ya no se puede negar que el planeta ha superado la barrera de calentamiento de 1°C sobre los niveles pre-industriales [13], y se proyecta que, en caso de mantenerse la tendencia, se alcance un aumento de temperatura de 3,2°C para fines de este siglo, según informó la ONU. Bien es sabido que este problema es producto del aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y los insuficientes planes de mitigación que realizan los países. En particular en Chile, al año 2016, el 78% de las emisiones de CO₂eq correspondían al sector energético, del cual un 41,5% y un 18,7% correspondían a las industrias de la energía y manufactureras y de la construcción, respectivamente, mientras que el sector Procesos industriales y uso de productos es responsable del 6,2% de las emisiones en el país [14]. En los sectores mencionados existe actividad de ingeniería química, hay decisiones de profesionales de la ingeniería química que provocan las emisiones de Chile y, por ende, decisiones que pueden implicar una disminución de estas. El cambio climático entonces, así como otros grandes temas ambientales tales como la sequía, la basura, etc. son prueba del gran impacto que tiene la ingeniería y por lo tanto, es necesario revisar esta disciplina respecto a este gran fenómeno. Con esto es posible apuntar que es de interés estudiar los dilemas éticos provocados por el Cambio Climático y la forma en que debieran ser reflexionados por los ingenieros químicos.

Este trabajo busca en particular extender la aplicación de la HAIN hacia factores como la ética del Cambio Climático, la Economía Circular y la vulnerabilidad social, agregándose también extensiones de esta herramienta hacia las decisiones del tipo tácticas y operativas. Se busca que la HAIN mantenga su propósito de facilitar la reflexión ética más allá de los aspectos legales, sean decisiones estratégicas, tácticas u operativas. Es justamente en las situaciones que no involucran problemas legales cuando se pierde de vista la ética. Se espera, asimismo, que las preguntas entre los tres sets creados, estratégico, táctico y operativo, sean suficientemente diferentes dadas las diferencias entre los niveles de decisión, pero que mantengan de igual modo la coherencia en sus propósitos de visibilizar dilemas éticos allí donde parecieran no existir. Se espera de igual modo que el set de preguntas para las decisiones operacionales, dado que son decisiones de muy corto plazo, no sean tan extensas ni tediosas para el ingeniero o equipo de ingenieros a cargo de tomar la decisión, sino más bien debe ser un tiempo razonable tal que pueda continuar sus operaciones sin percibir la herramienta como un obstáculo.

1.2. ¿Por qué actualizar la Herramienta de Análisis Integral?

En primer lugar, y como se analizará más adelante, la actual HAIN de Richard Martínez focaliza su uso en la fase de preinversión de un proyecto de ingeniería química y se propone su aplicación entre cada etapa dentro del esquema de esta misma: idea, perfil, prefactibilidad y factibilidad. Sentado esto se podría decir que la herramienta fue ideada para decisiones del tipo estratégicas o de largo plazo, que dada su importancia involucran periodos de tiempo de un año o más. Sin embargo, bien se sabe que las personas que se desempeñan en la ingeniería toman variados tipos de decisiones, siendo más usuales aquellas de corto y hasta mediano plazo, y a medida que llevan tiempo desempeñándose en su carrera es que las personas empiezan a tomar más decisiones estratégicas. En ese sentido, la HAIN de Martínez pareciera estar más orientada a profesionales de áreas de proyectos, generalmente profesionales con más experiencia, y, en ese sentido, existe un vacío para quienes comienzan a ejercer la carrera. Entonces, se reconoce que para decisiones de corto o mediano alcance no existe en la actualidad una guía de preguntas similar a la creada por Martínez, que orienten la reflexión ética del ejercicio de la ingeniería, y queda entonces a criterio de el o los profesionales a cargo resolver las preguntas éticas que surjan en torno a la toma de decisiones. De ahí la necesidad de ampliar esta herramienta en su objetivo de guiar la reflexión de los profesionales de la ingeniería.

Además, se suma la urgencia de una guía para la reflexión durante la toma de decisiones ingenieriles. Algunas investigaciones en psicología han dejado al descubierto que las acciones poco éticas se deben en gran medida a acciones cuyos actores no reconocen como tales debido a que estos mismos están sujetos a sistemáticos y previsibles “puntos ciegos” éticos o *blind spots*. En otras palabras, pese a que los propios profesionales se perciban como personas éticas, los puntos ciegos dificultan la correcta reflexión [15]–[18]. En particular es de suma importancia que estos mismos estudios indiquen que existe parcialidad en los trade-offs entre el propio interés y los intereses de las generaciones futuras, priorizando el primero sobre el último [18,19]. Y, a pesar de que la mayoría de las personas se consideran ambientalmente amigables y responsables, no están dispuestos a incurrir en costos personales con tal de evitar daños a las generaciones futuras [18,20]. Aplicado esto al ámbito de la ingeniería, los profesionales de la ingeniería regularmente piensan que hablar de ética en su trabajo tiene que ver con aspectos legales o dilemas de envergadura. Resulta invisible este aspecto en su labor cotidiana. Este trabajo busca construir una herramienta que pueda facilitar la reflexión en esos puntos ciegos.

Respecto a la actualización respecto del Cambio Climático, esta se justifica teniendo en consideración no solo lo anteriormente mencionado, sino que diversas asociaciones de profesionales a nivel internacional, como el Instituto de Ingenieros de Australia y la Organización Nacional de Ingenieros en Canadá, han adoptado políticas de compromiso por un futuro con bajo nivel de carbono [21,22], e incluso algunas ya piensan actualizar estas mismas políticas hablando de emergencia climática, poniendo aún más en énfasis su compromiso respecto a este tema, como ha hecho la misma organización de ingenieros junto al Instituto de arquitectos de Australia [23]. Esto implica que las respuestas de los ingenieros frente al Cambio Climático deben ser más ambiciosas e inmediatas, promoviendo el sentido de urgencia de la respuesta. Uno de los efectos que tiene declarar la emergencia climática dentro de las políticas del cuerpo de ingenieros de Australia es el de estipular la necesidad que los ingenieros se comprometan a ayudar en la transición de la economía hacia una baja en emisiones de carbono, lo que implica cambios, de manera rápida,

en la industria en que se desenvuelven, que apunten hacia prácticas de diseño regenerativo², que respete los límites ecológicos al tiempo que permita un acceso socialmente justo a los recursos y servicios .

En línea con lo anterior, la importancia del Cambio Climático y la ética ha estado desde hace muy poco siendo discutido en las instituciones de formación de ingenieros en Chile, con la FCFM siendo la primera facultad de la Universidad de Chile en declarar un compromiso con el este fenómeno, *Beauchef Cambio Climático*, cuyo propósito radica en “articular, visibilizar y promover la investigación y acciones para detener y enfrentar el Cambio Climático, según lo comprometido en el Acuerdo de París y basado en el informe IPCC 1,5 °C” [24]. En cuanto al sentido ético, la facultad es de las pocas que cuenta con un Comité de Ética para la Investigación, cuya misión es velar por la protección de los derechos y bienestar de los seres vivos ligados a las investigaciones que realiza la facultad. Sumado a lo anterior, se tiene el antecedente de la última actualización del Código de Ética de la facultad, que fue realizada el año 2017, donde se declara el “compromiso con la sustentabilidad, la promoción y el apoyo de aquellas iniciativas que buscan preservar los recursos naturales y su biodiversidad, el uso racional de la energía, el cuidado del recurso hídrico, el compromiso con acciones para enfrentar el Cambio Climático, el reciclaje, así como la promoción de estilos de vida sustentables” [25].

También resulta importante considerar los principios de la Economía Circular dentro de la actualización de la HAIN, que constan en eliminar los residuos desde el diseño, mantener los productos y materiales en uso, y regenerar sistemas naturales [26]. Esto debido a lo prometedor que resulta este modelo como posible solución al problema de la sustentabilidad, buscando armonizar el triple balance sustentable: social, económico y ambiental. De hecho, aquellas organizaciones ingenieriles que hablan de emergencia climática apuntan a cambiar la industria utilizando los criterios regenerativos de la Economía Circular, respetando límites ecológicos al mismo tiempo que se permita un acceso socialmente justo a los recursos y servicios, usando materiales con bajo contenido de carbono [27]–[29].

Por último, a raíz de las múltiples protestas ocurridas no solo en Chile sino en diferentes países, así como las organizaciones ambientales y territoriales que han ido surgiendo a medida que pasa el tiempo, exigiendo acabar con las excesivas desigualdades y las injusticias, resulta importante actualizar la HAIN poniendo énfasis en la vulnerabilidad social y la importancia de la ingeniería para erradicar la desigualdad social en todas sus formas en aras de una mayor justicia social.

Así, en vista de lo anterior es que se hacen necesarios e importantes los objetivos de este trabajo, es decir, ampliar la HAIN para diferentes niveles de decisión y actualizarla según Cambio Climático, la Economía Circular y la vulnerabilidad social.

² A veces llamado diseño ambiental restaurativo, se trata de un sistema de diseño que combina el retorno de "sitios contaminados, degradados o dañados a un estado de salud aceptable a través de la intervención humana" [190] con diseños biofílicos que reconectan a las personas con la naturaleza [191].

2. Objetivos, alcances y limitaciones

2.1. Objetivo General

- Rediseñar la Herramienta de Análisis Integral en relación con los niveles de planificación ingenieril estratégico, táctico y operativo, e incluyendo como componentes adicionales el Cambio Climático, la Economía Circular y la vulnerabilidad social.

2.2. Objetivos Específicos

- Enunciar el conjunto de principios valóricos que sostienen la Herramienta de Análisis Integral y analizarlos para abarcar el Cambio Climático, la Economía Circular y la vulnerabilidad social.
- Determinar implicancias e impactos de las decisiones ingenieriles en los niveles de planificación táctico, operativo y estratégico en la realidad.
- Actualizar la Herramienta de Análisis Integral, versión a nivel estratégico, según el Cambio Climático, la Economía Circular y la vulnerabilidad social.
- Crear la Herramienta de Análisis Integral para decisiones de nivel táctico y operativo, considerando igualmente la sustentabilidad, incluyendo la opinión de profesionales del área.
- Demostrar el uso de esta metodología en tres casos, cada uno bajo los diferentes niveles de planificación (estratégico, táctico y operativo), y que supongan un dilema ético para la Ingeniería Civil Química.

2.3. Alcances

Con las herramientas ideadas para cada nivel de decisión no se pretende prescribir la acción, indicar qué hacer, dirigir la conducta del ingeniero: esa es tarea de la moral mas no de la ética, sino más bien, en concordancia con Adela Cortina y su definición de ética [30], guiar a una reflexión con tal de desenmarañar los mínimos morales que una organización, en que se desempeña el profesional, debe construir. Por ende, no se dirá que las preguntas sean deterministas en sus resultados puesto que no se puede separar el set de preguntas del profesional que la usa, tal como la obra del carpintero depende del tipo de herramientas y del uso que se les dé a estas al mismo tiempo.

Por otro lado, el trabajo se enfocará en la actividad profesional del ingeniero químico puesto que la HAIN así fue desarrollada desde sus inicios, y se seguirá del mismo modo entendiendo que cada ingeniería posee sus propias particularidades, diferentes unas de otras. De ahí también que las entrevistas a realizar más adelante se enfoquen en Ingenieros Químicos con experiencia en plantas de procesamiento y en consultoras de ingeniería ligadas a procesos, dejando de lado otros tipos de desempeño profesional de la ingeniería.

2.4. Limitaciones

Entre las limitaciones del trabajo está el hecho de que no hay razón para suponer de antemano que los sets de preguntas de las HAIN, ya sea para corto, mediano o largo plazo, sean válidos para todos los dilemas de ingeniería química habidos y por haber. Puede que estas preguntas no funcionen con las reglas y prácticas de la academia científica o en rubros muy distintos a la industria de procesos. Hay una gran variedad de trabajos donde los ingenieros químicos pueden desempeñarse y seguramente las herramienta desarrolladas no aplicarán a todos, pues los contextos y problemas que enfrentan los profesionales cambian de características. El tema está en que el trabajo será satisfactorio si es posible formular conjuntos de preguntas razonables para los dilemas éticos presentados dentro de la estructura básica de la industria de procesos. Es natural suponer que una vez se tenga un set de preguntas que sea aplicable en cada dilema presentado durante las entrevistas, el resto de los casos resultarán más manejables a la luz de estas propuestas, las cuales, con las modificaciones adecuadas, podrían ofrecer una reflexión pertinente en otros dilemas. Por lo tanto, el punto que deberá tenerse presente es que es por sí mismo valioso tener un conjunto de preguntas para resolver tales dilemas éticos dentro de la ingeniería química según los niveles de decisión, y no debieran ser rechazados porque sus preguntas no sean satisfactorias en los incontables dilemas éticos que se produzcan ahora o se producirán a futuro.

3. Antecedentes

A continuación, se analizarán aquellos antecedentes que para el trabajo son de utilidad. Son seis los tópicos que se creen esenciales comprender para la confección de este trabajo. En primer lugar, dado el impacto que tendrá en la actualización de la HAIN se dará un análisis a la situación actual del Cambio Climático, el panorama mundial y nacional y el rol de la ingeniería frente a este fenómeno, en particular la ingeniería química³. En segundo lugar, se darán a conocer los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), dispuestos por la ONU en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, los cuales son centrales para la confección actual de políticas públicas en el país como y también para la ingeniería que requiere la sociedad, por lo que tendrán un efecto dentro de la elaboración de la HAIN. En tercer lugar, se hará una revisión del concepto de Economía Circular, sus ventajas y potenciales dentro de la industria química para el combate del Cambio Climático y la situación del país con respecto de este tema, puesto que se ha posicionado como modelo alternativo a los modelos de consumo y producción imperantes y que han llevado a la sociedad a estar debatiendo el problema de la sostenibilidad ambiental, económica y social. En cuarto lugar, será de gran utilidad para analizar la responsabilidad ética del profesional conocer los principios rectores del Principio Precautorio, muy usado últimamente entre los principios éticos detrás de las políticas públicas ideadas para enfrentar el Cambio Climático, además de la necesidad de ligarlo con la responsabilidad del ingeniero frente a riesgos hipotéticos severos, pero para estudiarlo se deberá estudiar el esquema de análisis costo beneficio, otra forma de análisis de riesgos. Por último, se dará a conocer el trabajo de dilemas éticos en la ingeniería química de Richard Martínez, partiendo por una síntesis de la Base Ética Propuesta y siguiendo con la Herramienta de Análisis Integral que ideó a partir de la misma.

3.1. Ingeniería y Cambio Climático

La situación del Cambio Climático es crítica en diferentes dimensiones: extinciones masivas de especies, derretimiento de los polos, aumento del nivel del mar, condiciones climáticas extremas, desastres medioambientales con las consecuentes migraciones en masa de personas, y un largo etc. son las consecuencias esperadas si no se logra poner en relieve las responsabilidades que tiene cada país respecto a sus emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante GEI). Según recomendado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en su reporte del año 2018, las condiciones menos desfavorables se darían limitando el calentamiento global a 1,5°C sobre los niveles preindustriales, puesto que tal nivel de temperatura está asociado a efectos menos devastadores [13]. Por otra parte, los países que firmaron el Acuerdo de París el año 2015 no están logrando su cometido: de acuerdo un estudio realizado por el Instituto de Investigación sobre el Cambio Climático y el Medio Ambiente de Grantham y el Centro de Economía y Política del Cambio Climático del Consejo de Investigación Económica y Social (ESRC por sus siglas en inglés) hasta el momento solo 16 países de los 197 países que firmaron el acuerdo han establecido planes de acción nacionales suficientes para cumplir con sus compromisos [31]. Por si fuera poco, las emisiones han aumentado en un 4% desde el año en que se firmó el acuerdo [32], y se estima que para el año 2030 estas emisiones alcancen las 56 Gt de CO₂eq, más del doble de lo que debería

³ Se definirá la ingeniería química, usando la definición dada por la AIChE, como “la profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas, la química y otras ciencias naturales aprendido gracias al estudio, la práctica y la experiencia, es aplicado con juicio para desarrollar formas económicas de la utilización de materiales y energías para el beneficio de la humanidad” [192]

ser de acuerdo con los escenarios propuestos por la ONU [33]. Para alcanzar el compromiso, siguiendo a la misma Organización, se deberían disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en 7,6% anualmente desde el 2020 hasta el 2030, y así lograr el límite de los 1,5°C de calentamiento global tal año.

Chile, por otra parte, ha seguido la tendencia de aumentar el flujo de gases de efecto invernadero emitidos. Según el *Tercer informe bienal de actualización de Chile sobre Cambio Climático*, publicado el 2018, las emisiones al año 2016 aumentaron en un 7,1% respecto al 2013 [14]. Preocupante tasa si se considera que en tal año las emisiones se contabilizaron en 46.000 kton de CO₂eq. Sin embargo, el país se comprometió a mejorar la ambición de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) para el 2020 y así lograr la neutralidad de carbono para el año 2050, según el Acuerdo de París [34], además una de las medidas tomadas para tal objeto es el compromiso de que el 70% de la matriz energética del país provenga de fuentes renovables para el 2030 [35]. Está aún por verse si es posible lograr que las contribuciones sean compatibles con el Acuerdo de París de limitar el calentamiento a 1,5°C, como ha sido de igual modo recomendado por el IPCC, puesto que tal como demuestra el sitio *Climate Action Tracker*, a diciembre de 2019 el país estaba catalogado como Insuficiente en su NCD propuesto, o, en otras palabras, la ruta de emisiones es consistente con un aumento de la temperatura de 2 a 3°C [36].

A partir de lo anterior es notorio lo crítica de la situación en el país, y este contexto bien cabría preguntarse qué rol cumple el ingeniero, en particular el ingeniero químico en esta coyuntura. Es difícil determinar el grado de responsabilidad de cada cual, sin embargo, citando al ingeniero químico de la University College London, Stefaan Simons, se ha criticado mucho la ausencia de ingenieros en el debate, aun cuando los ingenieros químicos son actores fundamentales en desarrollar e implementar soluciones al problema del Cambio Climático, considerando que se pueden encontrar en todo el sector energético. Esto, agrega, es importante por la relevancia universal de la eficiencia en el uso de recursos y de la energía (ERE) dentro de todos los sectores de la ingeniería química, que se estima representaría de potencial de reducción de gases de efecto invernadero de entre un 40-60% [37]. En consecuencia, la situación actual da un contexto de relevancia a la ética del Cambio Climático que guíe el accionar del ingeniero químico, ya sea se desenvuelva directamente en la industria de la energía o la industria de procesos industriales, que en conjunto contribuyen al 84,2% de las emisiones de CO₂eq en Chile.

3.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

El año 2000, en septiembre, líderes de 189 países se reunieron en las oficinas de la ONU y firmaron la histórica Declaración del Milenio que establecía ocho objetivos cuantificables, denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que comprometieron a los firmantes a realizar sus mayores esfuerzos para “conseguir que la mundialización se convierta en una fuerza positiva para todos los habitantes del mundo, ya que si bien ofrece grandes posibilidades, en la actualidad sus beneficios se distribuyen de forma muy desigual al igual que sus costos” [38]. Los ODM van desde reducir a la mitad la pobreza extrema y el hambre hasta promover la igualdad de género y reducir la mortalidad infantil, para la fecha prevista de 2015.

El progreso alcanzado con los ODM fue importante: para 2015, ya se había cumplido el primer objetivo, que tenía por objeto el reducir las tasas mundiales de pobreza extrema y hambre a la mitad. Sin embargo, el alcance de los logros fue desigual puesto que muchos países adoptaron un

"enfoque fragmentario", optando por participar con algunos y no todos los ODM. Esto se ha atribuido al hecho de que los ODM solo se aplicaron a los países del Sur global, quienes participaron muy poco en el diseño y confección de estos mismos, por lo que los ODM fueron percibidos por varios críticos como una plataforma impuesta a los países en desarrollo por los más desarrollados [39].

Finalmente, el 25 de septiembre de 2015 y como resultado de un proceso consultivo mundial de más de tres años, en el marco de la 70 edición de la Asamblea General de Naciones Unidas, en Nueva York, todos los países miembros de las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Este plasma un plan de acción “en favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que además tiene por objeto fortalecer la paz universal dentro de un concepto más amplio de la libertad” [40]. Para cumplir con este plan a escala internacional es que la agenda contiene 17 objetivos acompañados por 169 metas. Estos objetivos son los llamados oficialmente Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y se centran en los tres elementos interconectados del desarrollo sostenible: crecimiento económico, inclusión social y protección ambiental.

A continuación, se listan los 17 ODS:

Tabla 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible [41]

Objetivo 1	Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
Objetivo 2	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición, y promover la agricultura sostenible.
Objetivo 3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
Objetivo 4	Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Objetivo 5	Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas.
Objetivo 6	Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos.
Objetivo 7	Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
Objetivo 8	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
Objetivo 9	Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
Objetivo 10	Reducir la desigualdad en y entre los países.

Objetivo 11	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
Objetivo 12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
Objetivo 13	Adoptar medidas urgentes para combatir el Cambio Climático y sus efectos.
Objetivo 14	Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
Objetivo 15	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
Objetivo 16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
Objetivo 17	Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Los ODS no están libres de comentarios y críticas, y una de las más duras viene respecto a que pueden ser usados para ocultar malas prácticas ambientales. Empíricamente se ha demostrado que existe un gran desajuste entre los ODS y el progreso real hacia la conservación de la biodiversidad. Esto a partir la comparación entre el set de indicadores prescritos por las ODS en 180 países con otras medidas independientes y bien establecidas de protección ambiental. De este modo concluyeron que mientras la mayoría están progresando bien respecto a las ODS, estas tienen poca relación con la actual conservación de la biodiversidad y en cambio representa más el desarrollo socioeconómico [42]. Asimismo, se da cuenta que en varios países que adoptaron los ODS en sus políticas existe una priorización de estos, en particular respecto a los ODS 1 y ODS 8, erradicación de la pobreza y crecimiento económico, que tienen que ver con aspectos socioeconómicos más que con ambientales. Esto implica que los ODS en sí mismos no dirigen directamente las políticas nacionales, sino que los objetivos se utilizan para legitimar las prioridades existentes del gobierno nacional, lo que va en línea con lo descrito anteriormente [43]. Entonces, si no existe un cambio de rumbo con una verdadera voluntad de comprometerse por el conjunto completo de los ODS, yendo más allá de lo suficientemente aceptable, prestando más atención al medio ambiente y menos énfasis al crecimiento económico, lamentablemente los ODS terminarán legitimando la destrucción del medio ambiente en nombre del desarrollo sostenible [42].

Ahora bien, ¿cuál debe ser el rol de la ingeniería respecto a estos ODS? De acuerdo con el Reporte de Ingeniería de la UNESCO, lanzado el 2010, el rol de la ingeniería es vital para conseguir los ODM (actualmente ODS), en particular en el contexto de las necesidades básicas y la reducción de la pobreza, en el desarrollo sostenible, la mitigación y la adaptación al Cambio Climático, y

también en el contexto de emergencias y respuesta, reconstrucción y mitigación de desastres [44]. La Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (FMOI), quien también produjo el documento lanzado por la UNESCO, también ha declarado que la ingeniería es crítica para lograr los ODS. En la misma línea es que se reporta que la ingeniería tiene un papel clave en el apoyo al crecimiento y desarrollo de infraestructura esencial como carreteras, ferrocarriles, puentes, represas, comunicación, gestión de residuos, suministro de agua y saneamiento, energía e infraestructura digital que facilita las comunicaciones [45]. Por ende, dado el compromiso al que suscribió el país respecto a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, sumado a la importancia que juega la labor de la ingeniería para alcanzar sus objetivos es que se usarán las ODS como motivo suficientemente convincente para comprometer a la ingeniería con estos valores.

3.3. Economía Circular

La economía global está dominada por el modelo lineal de producción y consumo, definido como un modelo generador de residuos [46]. Este modelo toma un enfoque de “extraer-fabricar-eliminar” (take-make-waste), según el cual los recursos se extraen como materia prima para manufacturar productos, que son dispuestos por los consumidores después de su uso como residuos, asumiendo los recursos naturales como gratis e infinitos. Por ende, este modelo se presenta como uno sumamente problemático [47][48], entre cuyas desventajas se encuentran pérdidas económicas y considerables residuos estructurales, el aumento a la exposición de riesgos en cuanto a la volatilidad de precios de los recursos, riesgos de suministro producto de alta dependencia a las importaciones, el deterioro de los sistemas naturales y la evolución de la normativa, cada vez más limitante en los países [46]. Como se ha de notar, se trata de un modelo profundamente insostenible.

Cada vez más cuestionado, este modelo pide dar paso a otro, desvinculado del consumo de recursos no renovables y de mayor sostenibilidad en un planeta cada vez más consumido por este tipo de lógicas. Son varios los autores que han argumentado que la Economía Circular (EC) es un concepto de desarrollo sostenible que mitiga la producción y consumo insostenible de material, siendo alternativa al modelo lineal de economía [47]. El concepto se define como una economía “que es restaurativa y regenerativa a propósito, y que trata de que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos. Este nuevo modelo económico trata, en definitiva, de desvincular el desarrollo económico global del consumo de recursos finitos” [46]. En la práctica, se sustenta del desarrollo económico basado en la reducción del consumo de recursos y emisión de polución, reutilización de residuos y el reciclaje de material, las conocidas 3R [49]. La EC puede ser esquematizada de acuerdo con lo mostrado en la Figura 1:

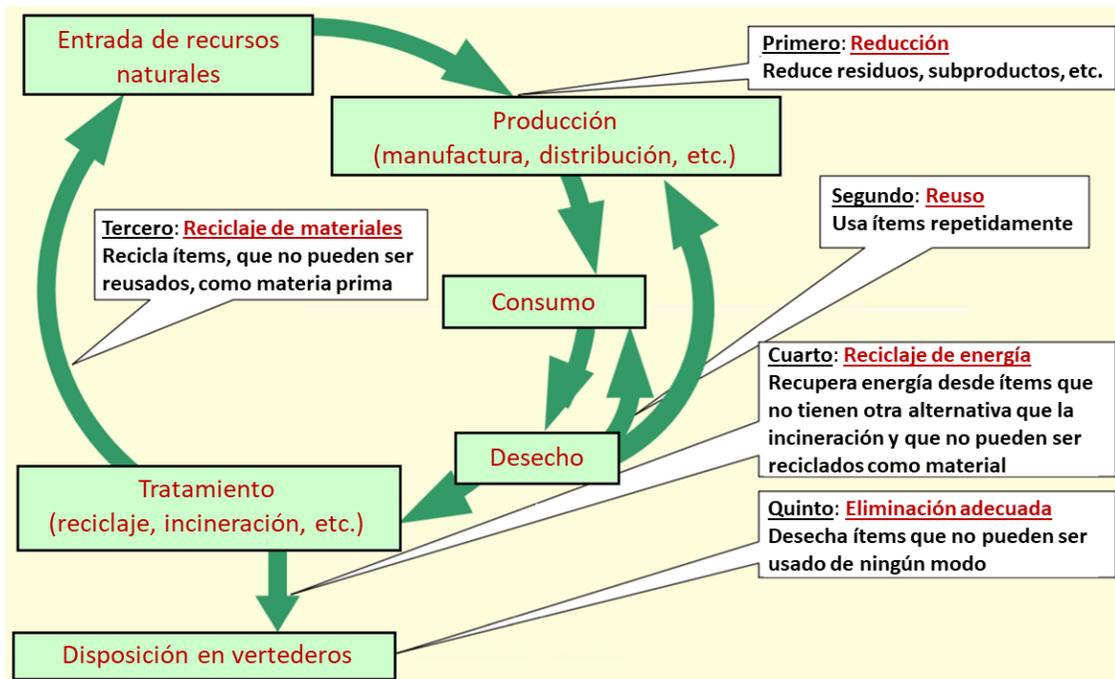


Figura 1: Esquema simplificado de una Economía Circular. [50]

Existen trabajos que hablan de que no todas las formas de aplicación de la Economía Circular son las deseadas. Así, por ejemplo, Stahel habla de la Economía del Desempeño [51], que habla de que se prefiere que los ciclos sean lo más cortos posibles (en pocas etapas y geográficamente cortos). De este modo, es preferible no tener residuos (reducción) a reutilizarlos (reuso), lo que a su vez es mejor que reciclarlos (reciclaje), etc. De ahí el orden prioritario existente en este proceso. Sumado a lo anterior, se busca que la economía actúe de manera lenta. El otro extremo es actuar bajo una economía con ciclos de flujos rápidos, que incentiva la pérdida de material, disminuyendo la eficiencia. De ahí entonces que lo que se busque sea la longevidad de los productos producidos, es decir, mantener los materiales en uso todo el tiempo posible.

Respecto a los efectos positivos esperados de este modelo, se dice que este busca armonizar el desarrollo entre el Triple Balance sustentable (social, económico y ambiental). En ese sentido, socialmente se espera que se generen oportunidades de trabajo [46] y una fuerte cooperación entre varios actores de la sociedad [48]. Económicamente, se ofrece una enorme cantidad de oportunidades económicas mediante crecimiento económico y ahorros netos de costes de materiales, el empleo y la innovación [46]. Por último, ambientalmente, bajo este modelo se espera que disminuya la demanda de recursos y mejore el ecosistema [47][48][52], mediante la reducción de hasta la mitad de las emisiones de dióxido de carbono para el 2030 (al menos en Europa respecto del año en que fue realizado el estudio [53]), una mayor productividad del suelo y la reducción y mejor gestión de externalidades negativas [46]. Importante es destacar que la EC es particularmente prometedora para lograr múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluidos ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS 7 (Energía asequible y limpia), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 12 (Consumo y producción responsables) y ODS 15 (Vida en la tierra) [54].

Existen en la actualidad varios países que han incluido, dentro de sus políticas públicas, el concepto de la Economía Circular, poniéndose en práctica y revelando los beneficios junto a los

desafíos que conlleva este modelo. La EC puede ser aplicada a cualquier sector de la economía, comúnmente siendo implementada a lo largo de toda la cadena de producción, pasando por las etapas de diseño, producción, consumo y manejo de desechos. En particular, países como China, Alemania y Japón son pioneros en la aplicación de la EC. Para esto han requerido del uso de leyes, políticas públicas y regulaciones de la industria, siendo por ende la aplicación desde arriba hacia abajo. Sin embargo, se requiere de la ayuda de todos los *stakeholders*, compartiendo tanto los consumidores como los productores en parte la responsabilidad para el éxito de este modelo. Entre los desafíos encontrados para la implementación de este modelo, al menos para China, se encuentran el alto costo de las actividades de la EC, los pocos incentivos para las actividades “verdes”, la baja conciencia pública respecto de las actividades de la EC y la dificultad de comprender el concepto para la industria dada la baja experiencia en la aplicación [47][49].

Respecto a la industria química y de procesos en particular, se reportan cerca de 140.000 empresas de esta industria en el mundo, y los nuevos productos químicos se están haciendo cada vez más complejos (ejemplo: estereoquímica, grupos funcionales). El éxito de la EC dentro de esta industria depende de los cambios que se hagan en el nivel de diseño y producción de los productos [55]. Las limitaciones dentro de esta industria provienen de varios sectores, por ejemplo, la industria metalúrgica, donde la extracción de minerales deja una gran huella en el medioambiente (al generar residuos, movilizar elementos tóxicos como el arsénico, y tener que acceder muchas veces a territorios protegidos para la extracción) y sin embargo, la demanda de metales aumentará al crecer la cantidad de aparatos digitalizados, la electromovilidad, e inclusive los procesos y productos que requieren reducir la cantidad de dióxido de carbono emitido. Y no todo puede provenir del reciclaje de los metales, que, si bien puede ser ventajoso en comparación a la extracción misma del mineral desde el punto de vista de requerimientos de energía, muchos materiales necesitan ciertos porcentajes de purezas o de mezclas de metales y otros elementos, y cada uno requiere separación y purificación al nivel atómico y molecular. Y algunos ingredientes no se pueden separar y se pierden durante su uso posterior por disipación. Entonces, a medida que la demanda social por productos aumenta, los productores necesitarán más recursos vírgenes, pues, para el futuro próximo, la demanda no puede ser satisfecha únicamente por la EC [55].

Los productos orgánicos, por otro lado, sintetizados, como los plásticos, pueden requerir la adición de otros químicos, ser energéticamente demandantes y muy caros dada la complejidad en la separación. A veces, al igual que los metales, la separación solo es posible a un nivel atómico o molecular, lo que resulta en la pérdida de la forma macroscópica, la estructura molecular y las propiedades deseables de los productos. En algunos casos incluso es imposible el reciclaje. Los productos como los pesticidas, cosméticos, biocidas y farmacéuticos no pueden tampoco ser reciclados debido a las bajas concentraciones y la alta dispersión en la aplicación, que hace la recolección imposible. Para los residuos líquidos y aguas servidas, incluso tratamientos avanzados remueven los componentes pobremente [55][56].

En suma, el reciclaje, aunque resulta ser atractivo, conlleva al deterioro de los materiales y pérdidas por disipación de material y energía. La complejidad y diversidad de los productos aumenta estas pérdidas. ¿Qué se puede hacer? Hay varias alternativas, y se listarán a continuación [55]:

- Mantener la complejidad molecular al mínimo requerido para el desempeño adecuado del producto, incluso para cuando estos queden fuera de uso (las moléculas complejas requieren

más etapas de síntesis, pueden tener propiedades indeseables adicionales, y ser por ende más difíciles de reciclar).

- Diseñar los productos para el reciclaje, incluyendo los aditivos y otros componentes del producto.
- Reducir y simplificar la diversidad y dinámica de los flujos de la sustancia, material o productos. Por ejemplo, usando menos químicos, diseñando para una menor utilización de recursos, y adaptando la velocidad de innovación de productos a la velocidad de reciclaje de estos.
- Evitar los productos complejos (por ejemplo, con múltiples componentes, materiales, etc.)
- Minimizar el uso de componentes que no pueden ser separados y reciclados fácilmente (por ejemplo, solventes, metales, etc.)
- Diseñar aquellos productos que por su naturaleza no pueden ser reciclados para que puedan ser mineralizados⁴ de manera rápida al final de su vida útil (farmacéuticos, pesticidas, instrumentos de cuidado personal y productos de limpieza).
- Evitar que las materias primas se vuelvan críticas a través de un uso reducido y una eficiente recuperación y reciclaje (por ejemplo, muchos metales).
- Evitar pérdidas y transferencias entrópicas (por ejemplo, disipación de metales, energía).
- Evitar efecto rebote (por ejemplo, usar menos carbono generalmente significa mayor demanda de metales).
- Ser responsable del propio producto durante todo su ciclo de vida, incluido durante el reciclaje.
- Asegurar la trazabilidad y considerar el uso de pasaportes digitales de los productos, es decir, la composición de un producto, sus componentes y procesos involucrados.
- Desarrollar y aplicar métricas circulares (por ejemplo, dar crédito al uso de subproductos)
- Cambiar las prácticas químicas tradicionales basadas en "más grande-más rápido" por uno basado en "adaptado óptimo-mejor-más seguro" y cambiar la propiedad de forma que se puedan alquilar, arrendar y compartir modelos de negocio.
- Mantener los procesos lo más simple posible, con un número mínimo de pasos, químicos

⁴ La mineralización es sinónimo de biodegradación final o biodegradación completa. Describe la degradación de un compuesto a sus componentes minerales, es decir, dióxido de carbono y agua. Dependiendo de la composición del compuesto, se pueden liberar otros minerales; estos pueden incluir sulfuro, sulfato o sulfito; amoníaco, nitrito o nitrato; fosfato o fosfito; cloruro; fluoruro, etc. Si la mineralización es anaeróbica, el metano puede ser un producto. Además del dióxido de carbono, etc. liberado, parte de la masa del químico puede convertirse en biomasa (componentes celulares). De hecho, este suele ser el caso, pero no siempre es así. [193]

auxiliares, energía y operaciones unitarias.

- Diseñar procesos para la recuperación óptima de químicos auxiliares, sustratos no utilizados y subproductos no deseados (en función de la calidad y la cantidad).

Por otra parte, respecto al ámbito nacional, el país no se está quedando atrás respecto a la aplicación de este modelo a su economía, mostrándose como una oportunidad para que la “reactivación económica, superada la crisis sanitaria producto del Coronavirus, sea verde y sustentable”, en palabras de la ministra del Medio Ambiente, Carolina Schmidt [57]. Para lo anterior es que han tomado varias medidas, partiendo por ser uno de los primeros países en Latinoamérica en implementar la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) para gestionar los residuos y reducir su generación, centrándose primero en seis productos clave: aceites lubricantes, dispositivos eléctricos o electrónicos, baterías, embalajes y neumáticos, aunque se espera que a lo largo de los años se agreguen más productos [58]. También, otro paso en esa misma dirección está en la elaboración de la Hoja de Ruta de Economía Circular, que articulará tanto actores del sector público como actores del sector privado y de la academia, con el objetivo de establecer metas y diseñar las acciones que serán necesarias para la transición a este nuevo paradigma económico [57][58].

La EC, al igual que los ODS, pueden ser criticadas por el hecho de querer ocultar malas prácticas en nombre de la circularidad, con empresas realizando grandiosas promesas pero sin hacer un cambio efectivo en sus malas prácticas. Así, pueden realizar reciclaje, tal vez una práctica que ya hacían desde antes a que apareciera el concepto, pero a la vez continúan produciendo una gran cantidad de desechos y diseñando productos de corta vida útil. De ahí la importancia del orden propuesto por Stahel de que la EC debe ser aplicada de forma ordenada y priorizando los ciclos cortos y locales, lo que Stahel llama el “principio de inercia”, que habla de que mientras más pequeño y local sea el ciclo, más eficiente será, o en otras palabras, no repare lo que no está roto, no remanufacture⁵ lo que puede ser reparado, no recicle lo que puede ser remanufacturado [51]. Ejemplo de ello es, por ejemplo, la empresa Coca Cola. Esta recientemente se jactaba de producir una botella hecha de plástico obtenido del mar, sin embargo, durante el mismo mes, el movimiento Break Free From Plastic condujo un informe de auditoría global de basura plástica y descubrió que esta empresa de bebidas era la marca global que más contaminaba con basura plástica, más que Nestlé, Pepsico y Unilever, juntas [59]. Entonces, lo que se requiere es poner una exigencia a los principios de la EC para que sea correctamente aplicada, en que exista un verdadero compromiso por realizar cambios en la manera de producir actual, que se privilegien los ciclos más cortos y locales, en vez de largos y globales, y diseñando para que los productos tengan una larga vida útil.

Entre los desafíos encontrados para la aplicación de este modelo en el país se encuentran dos preguntas que tienen que ver con la educación respecto a la aplicación del modelo: ¿Cómo lograr que los consumidores se hagan responsables también por el consumo de productos? ¿Cómo lograr que los productores incorporen de forma real actividades relacionadas con la responsabilidad ambiental? [60]. Se puede ir mucho más allá también, resolviendo dudas sobre cómo hacer de los productos en realidad un servicio que se presta, u ofrecer otra manera de resolver las necesidades que no sea con productos tangibles, cómo promover políticas que apunten a una desmaterialización

⁵ La remanufactura es devolverlo a su estado original, como nuevo: autos antiguos, motores de combustión, piezas estructurales, edificios, neumáticos. Términos similares son reacondicionamiento, restauración y reconstrucción, utilizados para aplicaciones específicas. [51]

del sistema, ¿estarían de acuerdo los productores con que se incentive un menor consumo? ¿estaría el Estado dispuesto a dejar de promover el desarrollo en base a la cantidad de productos vendidos? ¿podría el Estado y los empresarios autoimponerse un cambio que evite la extracción de materias primas y la comience a reducir en el tiempo? Posiblemente, estas preguntas requieran un trabajo interdisciplinario para ser respondidas. Y este trabajo tiene la tarea de abordarlas en cierto sentido desde el punto de vista de los productores dentro de la HAIN, como se mostrará más adelante.

3.4. Modelos de análisis de riesgo

Existen en la actualidad varios modelos de análisis de riesgo, entre ellos los puramente económicos y los puramente centrados en la seguridad. Entre los primeros se encuentra el Análisis de Costo-Efectividad y entre los segundos el Principio Precautorio, los cuales serán los descritos a continuación dada la relevancia de estos en la ingeniería y las diferencias entre ambos.

3.4.1. Análisis costo-beneficio (ACB)

Este tipo de análisis corresponde a un esquema en la toma de decisiones que se enmarca en la “teoría de elección racional” y se basa en la comparación entre los costos y los beneficios de un proyecto usando una escala común, usualmente del tipo monetario. El ACB de una decisión que involucre algún riesgo se puede generalizar teóricamente como sigue [61]–[63]:

1. Se enumeran todas las posibles consecuencias, tanto positivas como negativas;
2. Se estima la probabilidad de cada uno;
3. Se estima el beneficio o la pérdida para la sociedad que cada actividad provocaría;
4. Se calcula el beneficio o pérdida social esperada de cada consecuencia multiplicando el beneficio o pérdida esperada por su probabilidad de ocurrencia; y
5. Se calcula el beneficio o pérdida social neta esperada asociada con la toma de decisión al sumar las diversas posibles consecuencias.

Esta herramienta ayudaría en la elección de la decisión más oportuna al comparar decisiones y manejar riesgos, jerarquizándolas con la lógica del costo/beneficio, siempre y cuando sus costos no sean extremadamente desproporcionados en comparación a los beneficios. Esto se puede representar matemáticamente como sigue:

$$\frac{\text{Costos}}{\text{Beneficios}} > DF \text{ [64]}$$

DF corresponde al Factor de Desproporción (DF por sus siglas en inglés). La Agencia Ejecutiva para la Salud y Seguridad del Reino Unido (UK HSE por sus siglas en inglés) recomienda que este factor tenga un valor de hasta 3 para riesgos de los trabajadores, 2 para bajos riesgos y 10 para altos riesgos de miembros del público. Mientras mayor sea el riesgo, mayor debe ser el DF asignado para alcanzar un beneficio dado [65], [66].

Este tipo de análisis, ante la existencia de incertidumbres en los beneficios y costos, se utiliza

como referencia el valor esperado de las variables desconocidas, en base a supuestos, creencias y modelos[67]. Por lo mismo es que se ha recomendado que sea utilizado con cuidado, sobre todo en caso de resultados extremos como accidentes mayores [68].

Esta herramienta, que ha sido promovida por la Escuela Leyes y Economía de Chicago [69], [70], contiene una perspectiva utilitarista y puramente económica, y por esta razón ha recibido críticas, entre ellas la dificultad e incluso arbitrariedad en asignar el valor monetario a la vida humana, la salud, la seguridad y el medioambiente, como también el hecho de que al traducir las consecuencias en su equivalente monetario se debe aplicar la tasa de descuento a valor presente en los costos y beneficios en el tiempo (un dólar hoy vale más que un dólar a futuro), lo que implica que se asigna más peso a los costos y beneficios de hoy que a los de futuro, incluidos aquellos para las generaciones futuras [63]. Este hecho se condice con el principio de Desarrollo Sostenible a futuro, propuesto por Hans Jonas y utilizado por Richard Martínez en la creación de la Base Ética Propuesta, detallada más adelante.

Lo anterior no quiere decir que no pueda ser usada como principio en la toma de decisiones, incluso puede ser complementario también con el Principio Precautorio [68], que se explicará a continuación.

3.4.2. Principio Precautorio

El Principio Precautorio es un principio básico en el manejo de seguridad que se define, de acuerdo con la Declaración de Río de 1992, artículo 15, como sigue: “cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” [71], y se adopta de diferentes formas según el rubro, como, por ejemplo, al no iniciar una actividad o implementando medidas para reducir riesgos e incertidumbres. Este principio se ha vuelto sumamente importante en el último tiempo dados los nuevos riesgos que hay que enfrentar producto del acelerado desarrollo tecnológico existente en las últimas décadas junto a los potenciales efectos dañinos que pueden conllevar para la salud de la población y el medioambiente.

De acuerdo con medidas internacionales [72], este principio se basa en cinco condiciones para ser utilizado:

1. Incertidumbre del riesgo, es decir, es relevante solo cuando la existencia de riesgo no puede ser completamente demostrada científicamente dada la insuficiencia de datos.
2. Evaluación científica del riesgo, es decir, aun cuando exista incerteza científica, en base a los mejores consejos científicos disponibles, deben existir buenas razones para creer que efectos dañinos pueden ocurrir a la población o al medioambiente. En otras palabras, no debe haber ignorancia completa sino solamente incertidumbre de los riesgos.
3. Daños severos o irreversibles, es decir, cuando se pone en riesgo la vida y salud humanas, recursos vitales (agua, tierra, aire), preservación de especies, el clima y el balance del ecosistema. Sin embargo, definir lo que es un daño serio depende en gran

medida del contexto cultural donde la medida será implementada.

4. Proporcionalidad de las medidas, es decir, que no todas las situaciones de potencialidad de riesgos justifican cualquier tipo de medida precautoria, y que, por ende, las medidas tomadas deben tomar en cuenta el impacto en la sociedad.
5. Un cambio en la carga de la prueba, o, en otras palabras, debe demostrarse que se han realizado estudios necesarios para establecer la naturaleza y grado de cualquier riesgo potencial para llegar a la conclusión de que el producto o actividad en cuestión ofrece un riesgo tolerable de seguridad.

Si bien puede ser motivo de debate el cuándo es posible o no utilizar este principio, esta herramienta será muy útil a la hora de tomarla como principio para la ética orientada al Cambio Climático dentro de la Base Ética Propuesta. En primer lugar, porque el Principio de Precaución fue agregada entre los principios rectores dentro del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 presentado por el Ministerio del Medio Ambiente [73] y el Anteproyecto de Ley Cambio Climático [74]. En segundo lugar porque de acuerdo a algunos autores esta herramienta es la mejor para enfrentar incertidumbres, y no solo sobre sus efectos sino sobre la distribución de estos mismos en la población (a diferencia del esquema del ACB), contando por ende con mayor legitimidad democrática al aumentar la participación, con ello la justicia y equidad, en la toma de decisiones [63][75].

3.5. Base ética propuesta (BEP) de Richard Martínez [10]

Considerando que en la versión clásica de la Evaluación de Proyectos existe un foco exclusivo en criterios técnicos y económicos, el ingeniero Richard Martínez ideó una propuesta de principios básicos que los ingenieros químicos deberían cumplir para la correcta ejecución de su profesión desde un punto de vista ético. Esta Base Ética Propuesta considera como pilares para su elaboración una serie de puntos, entre los que se destacan: (i) el objetivo de la ingeniería de velar por el bien común, (ii) la inclusión de una mayor cantidad de variables en contra del regla general de simplificación en los modelajes ingenieriles a fin de evitar daños colaterales, (iii) el compromiso de la ingeniería con el bienestar a futuro, siguiendo los principios formulados por el filósofo Hans Jonas [76], (iv) la búsqueda de relacionarse con otros ámbitos sociales, y por último (v) la consideración de la misión de la Universidad de Chile de acuerdo al reconocimiento que le da al rol del profesional en la sociedad, en conjunto a las competencias éticas desarrolladas por el Área de Humanidades de la FCFM, hoy ETHICS. En ese sentido es que se formulan los siguientes principios:

1. Ejercicio responsable:

Se asigna gran importancia a la responsabilidad pues permite ver a los profesionales de ingeniería como sujetos morales. Ante las preguntas de quién, de qué y ante quién se es responsable surgen los dos puntos siguientes:

1.1. Conciencia Social

Trata sobre los impactos sobre la sociedad producto de la actividad del ingeniero, incluyendo a sus partes interesadas en las decisiones, y su importancia radica en que enlaza los objetivos del

proyecto en cuestión con el bien común.

1.2. Reflexión Crítica

Este punto busca responder quién y ante qué es responsable con el objetivo de buscar nuevas percepciones de la actividad, mediante el replanteamiento de la acción ingenieril, analizando las causas y los efectos del proyecto estudiado.

2. Orientación

La integralidad y creatividad son parte importante en la manera en que deben atenderse las necesidades sociales. Para ello se buscan nuevas soluciones y se aplica el principio *plus respicere* que trata de considerar la mayor cantidad de factores a la hora de analizar las consecuencias o efectos inesperados de un proyecto. Lo anterior da como propuesta los siguientes dos puntos:

2.1. Integración

Trata de la capacidad de incluir a las partes interesadas en la toma de decisiones. Para ello deben identificarse los *stakeholders* primarios y secundarios, y luego responder los dilemas planteados por la HAIN respecto los conflictos que pueden existir.

2.2. Creatividad

Este punto habla de la capacidad del ingeniero o equipo ingenieril en la búsqueda de soluciones alternativas, teniendo como base el desarrollo integral, sostenible y equilibrado del país. Además, para ello es primordial adelantarse a las consecuencias de las decisiones y los conflictos entre estas.

3. Compromiso

Este último punto se subdivide en dos temas de importancia para la ingeniería: Desarrollo y Bien Común:

3.1. Desarrollo

Este punto debe corresponderse con las cualidades del desarrollo que plantea la FCFM en su misión: Integral, Equilibrado y Sostenible. De ello surgen los siguientes puntos:

3.1.1. Desarrollo Integral

En este punto se analiza si en el proyecto incluye a los grupos sociales en la toma de decisiones.

3.1.2. Desarrollo Equilibrado

Se entiende como el aporte balanceado a los grupos sociales definidos anteriormente. Se analiza si se aporta o no, y en qué forma, a estos mismos.

3.1.3. Desarrollo Sostenible

Se adopta el punto de vista del filósofo alemán Hans Jonas en su trabajo El Principio de

Responsabilidad [76], en el sentido de que se analiza si se comprometen las generaciones futuras y de qué manera.

3.2. Bien Común

Este punto se inspira en los valores democráticos y culturales de la nación, tal que existan las condiciones apropiadas para que cada parte interesada pueda alcanzar su propio bien particular junto al proyecto en cuestión.

3.6. Herramienta de Análisis Integral (HAIN) [10]

La Herramienta de Análisis Integral en su versión actual es un set de preguntas que acompañan a cada etapa de la evaluación de proyectos, desde el perfil hasta la factibilidad, y que se relaciona con la BEP de modo que nace una pregunta a estudiar desde un principio ético de los ya nombrados anteriormente. El objetivo de esta herramienta es ayudar a que los proyectos no sean seleccionados desde el punto de vista técnico y económico únicamente, sino que se considere también una reflexión ética del tipo cualitativa que ayude a la selección, postergación o descarte de los proyectos estudiados y vaya acorde con la BEP, y, por lo tanto, con la sociedad. Lo anterior se esquematiza del siguiente modo:



Figura 2: Esquema de la formulación de la HAIN, donde la primera columna son los principios de la BEP y la segunda las preguntas de la HAIN. [10]

Estas preguntas se enmarcan en la Evaluación de proyectos de modo que entre cada etapa viene asociada una reflexión correspondiente con la HAIN, de acuerdo con lo presentado en la Figura 3. Dado que este es un proceso iterativo, ahora ya no vale solo la factibilidad técnica junto a la rentabilidad económica para desechar o continuar con una idea para ser proyecto, sino que ahora se agrega la reflexión ética como componente adicional para ver si se rechaza, se ajusta o se continúa con la idea. Citando a Martínez: “la idea es que, al igual que ocurre durante el proceso de

la Evaluación de Proyectos, durante cada etapa se puede incluir información más detallada sobre cada pregunta. Además, la iteración sobre la HAIN en cada etapa permitirá que aspectos dejados de lado en una evaluación inicial sean reconsiderados e incluidos en la elaboración de la propuesta de la siguiente etapa”.

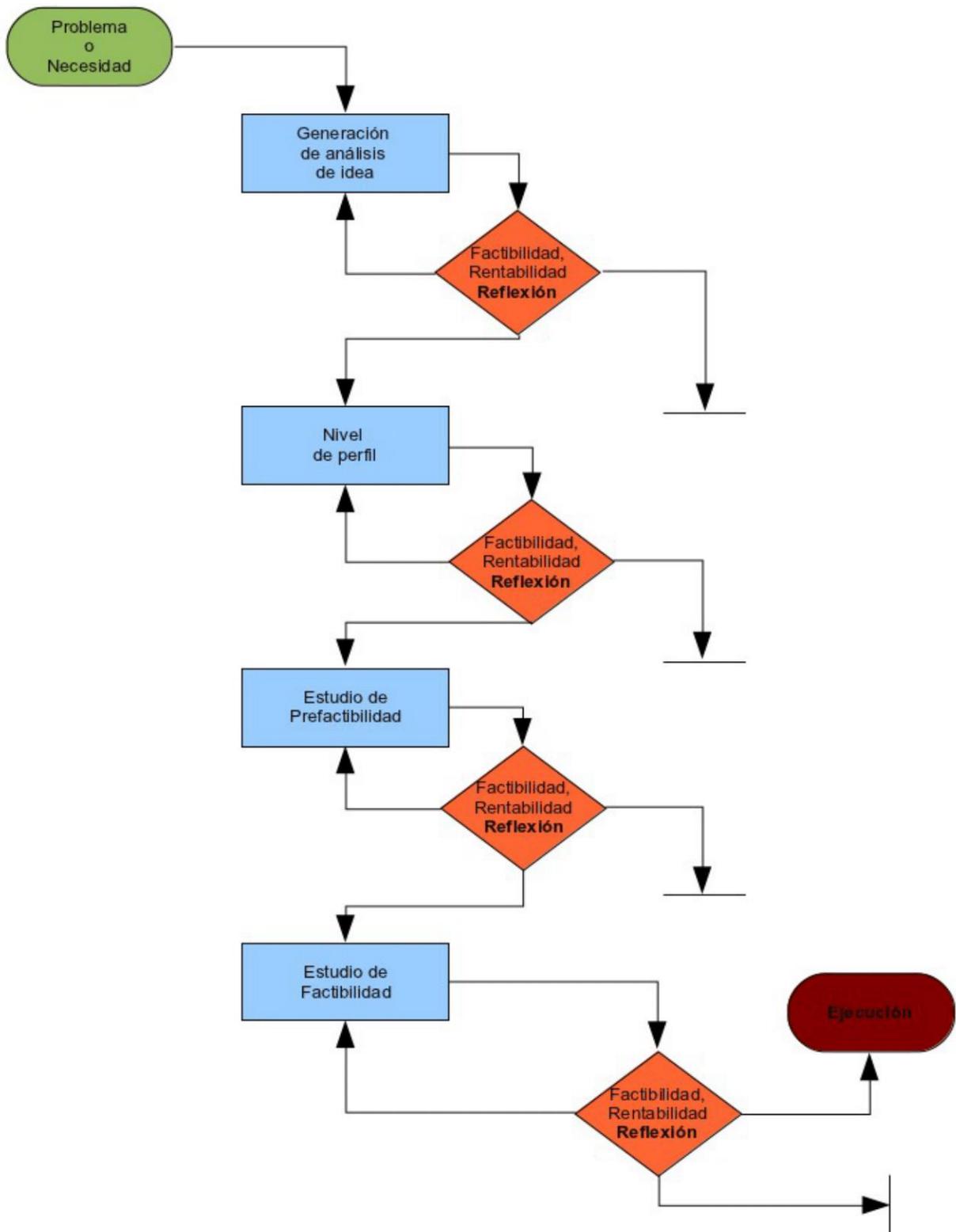


Figura 3: Algoritmo de las etapas de la Evaluación de Proyectos. [10]

4. Metodología

En primer lugar, se propone realizar un estudio acabado de la actual Herramienta de Análisis Integral (HAIN) de Martínez, estudiando cuáles y cómo fueron definidos los principios que componen la Base Ética Propuesta (BEP), para determinar si hay que actualizarlos o cambiarlos por completo para los diferentes otros dos niveles de decisión. Se estudiará, en primer lugar, la BEP existente, analizando aquellos puntos que faltarían por actualizar de acuerdo con el Cambio Climático. Para esto será útil la declaración emitida por la UNESCO sobre Ética para el Cambio Climático, la cual será primero sintetizada y luego comparada con respecto a la BEP existente, viendo similitudes y diferencias con el propósito de agregar cosas o detallar más en los principios con los que más adelante se propondrán las preguntas guías respectivas para la HAIN estratégica. También se analizará de qué modo pueden la Economía Circular y la vulnerabilidad social ser añadidas dentro de los principios rectores de la HAIN.

En segundo lugar, se analizará si es posible que cambie la BEP base (es decir, aquella usada para la HAIN nivel estratégico) para los niveles de toma de decisión táctico y operativo, discutiendo si hay que agregar o quitar ciertas componentes según el nivel en discusión. Esto conllevará a la reformulación de tales BEP, las que serán guías posteriormente en la confección de preguntas para las HAIN correspondientes. Para lo anterior, se procederá primero a dar una definición teórica a los niveles de decisión ingenieriles Operativo, Táctico y Estratégico, junto a ejemplos de estos en la industria química. Posterior a esto, con el objetivo de conocer la importancia de estudiar estos niveles de operación por separado, se estudiarán y compararán los impactos y alcances que en general pueden tener tales decisiones dentro de la ingeniería. Esto se hará mediante una tabla comparativa del tipo cualitativa en que se comparará cada tipo de decisión según diferentes características.

En conjunto a los estudios mencionados anteriormente, con el objetivo principal de buscar casos de estudio, lo más detallados posibles, acerca de reales dilemas éticos dentro del rubro, se realizarán ocho entrevistas a Ingenieros Civiles Químicos que actualmente se desempeñen o que se hayan alguna vez desempeñado en plantas de procesamiento o en proyectos de procesos asociados en consultorías. Se procurará que la muestra de entrevistados mantenga la paridad de género (masculino y femenino) y diferencias etarias y de experiencia (catalogados según experiencia en junior, quiere decir, menor a 2 años de experiencia, semi senior, de 2 a 6 años de experiencia, y en senior, mayor a 6 años de experiencia, de acuerdo a como lo hacen comúnmente las divisiones de RR.HH. de las empresas [77]). De estos casos se seleccionará uno para cada nivel de decisión mencionado anteriormente puesto que será la experiencia y no la teoría la encargada de dotar al trabajo de pruebas de aplicabilidad.

Las entrevistas comenzarán con un Consentimiento Informado, firmado y aceptado por el entrevistado (ver Anexo 1: Consentimiento informado). La confección de este se realizó con ayuda del Área ETHICS de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y usando como base el formulario tipo de consentimiento informado confeccionado por el Comité de Ética de la Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile [78]. Las preguntas de la entrevista estarán enfocadas en compartir un caso de estudio de al menos uno de los tres niveles de operación, aunque se buscará que la entrevista visibilice más de un caso de estudio por persona entrevistada. Así, por ejemplo, una persona puede dar un caso del nivel operativo y uno del nivel táctico, mientras que otra persona puede dar uno del nivel operativo y

uno del nivel estratégico. En conjunto a esto se consultará al invitado por cuál sería, en su opinión, la pregunta que faltó o se usó para resolver el dilema o conflicto ético en el caso particular. Esto porque será útil para la confección de la HAIN niveles táctico y operativo. Es posible que no se entreguen muchos detalles para el caso de nivel estratégico de decisión, por lo que para este tipo de decisiones se extraerán datos desde bibliografía.

En siguiente lugar se procederá a la actualización de las preguntas de la HAIN nivel estratégico, es decir, aquella ya creada por Martínez en su trabajo, según el Cambio Climático, la Economía Circular y la vulnerabilidad social. Posterior a eso, se armará el set de preguntas de la HAIN niveles táctico y operativos. Para esto se utilizarán las BEP respectivas, las que serán confeccionadas a partir de la categorización de valores usada por la Royal Academy of Engineering (RAEng) [79], que a juicio del autor resulta bastante amplia y engloba una gran cantidad de valores, junto a los valores en conflicto entregados en las entrevistas. Para determinar cuáles son aquellos valores y cuáles entran más en conflicto que otros, se hará una tabla de doble entrada, donde en el eje horizontal irán los valores rotos (inspirados en aquellas categorías entregados por la RAEng) y en el eje vertical los dilemas presentados en las entrevistas. Con esto se podrá demostrar que los valores de la RAEng pueden ser útiles para confeccionar la BEP para los niveles de decisión táctica y operativa.

Ahora bien, tal como se mencionó, en conjunto a estas BEP se utilizarán las preguntas obtenidas en las entrevistas para la HAIN niveles táctico y operativos, de tal modo que las preguntas de las HAIN táctico y operativo podrán estar inspiradas en las obtenidas en las entrevistas. Cabría preguntarse entonces por qué no basta con solo un caso para cada nivel, reduciendo así el número de entrevistas. Esto se responde a partir de que lo que se busca es la validez de las preguntas: para cada nivel, las preguntas de las nuevas HAIN deberán ser pertinentes, y esto se demuestra con más de un caso. Por este motivo es que no se agregará directamente aquella pregunta que en opinión del entrevistado pudo haber solucionado el dilema ético, porque es muy probable que sea muy particular al caso aportado por el entrevistado, y no aplique en los demás casos dadas las diferencias de contexto entre ellos. Esto se puede esquematizar con la Figura 4, donde se observa el trabajo de formular la pregunta desde lo particular hacia lo general y luego de vuelta a lo particular. De este modo lo que se busca es hacer el mejor ejercicio de cobertura de casos tan diferentes entre sí tal que no existan preguntas que no sean útiles y que la aplicabilidad sea la misma en ellos.

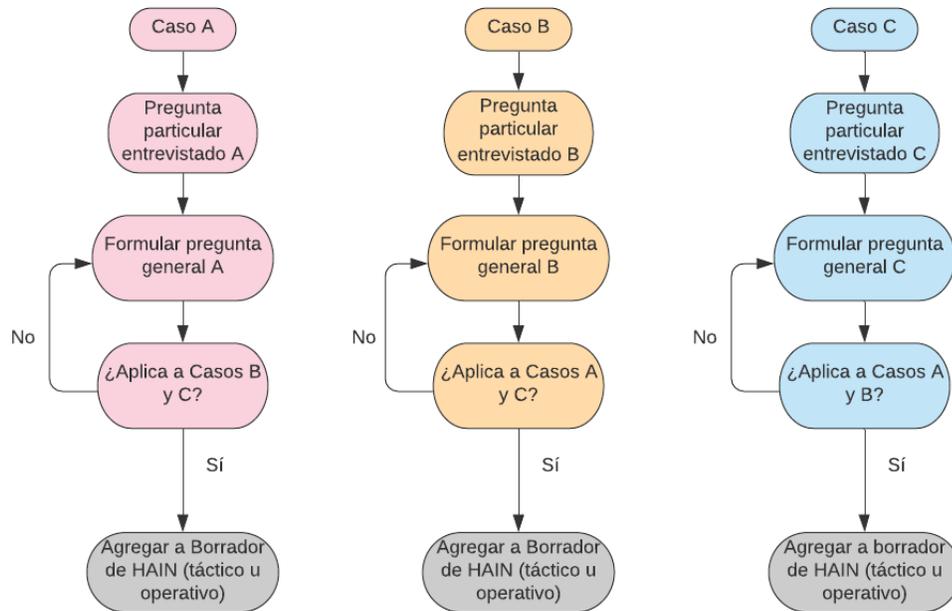


Figura 4: Esquema procesamiento formulación de preguntas desde entrevistas para los primeros borradores de la HAIN, niveles táctico y operativo, elaboración propia.

Por último, se procederá al estudio de los casos seleccionados anteriormente usando las Herramientas ya actualizadas y creadas. Se espera de este modo llevar a cabo el método ignaciano del triple paso propuesto por el Centro de Ética de la Universidad Alberto Hurtado en sus Informes Ethos [80], utilizado por Richard Martínez en su trabajo: experiencia (hecho) - reflexión (su comprensión e implicaciones éticas mediante la HAIN) - acción (elementos para el discernimiento coherentes con el criterio propuesto). Aunque, como se dijo, el propósito de la herramienta es ser de guía para obtener tales vías de acción, y es probable que cambien según el profesional que la aplique. Dado lo anterior, la metodología se puede esquematizar según la Figura 5:

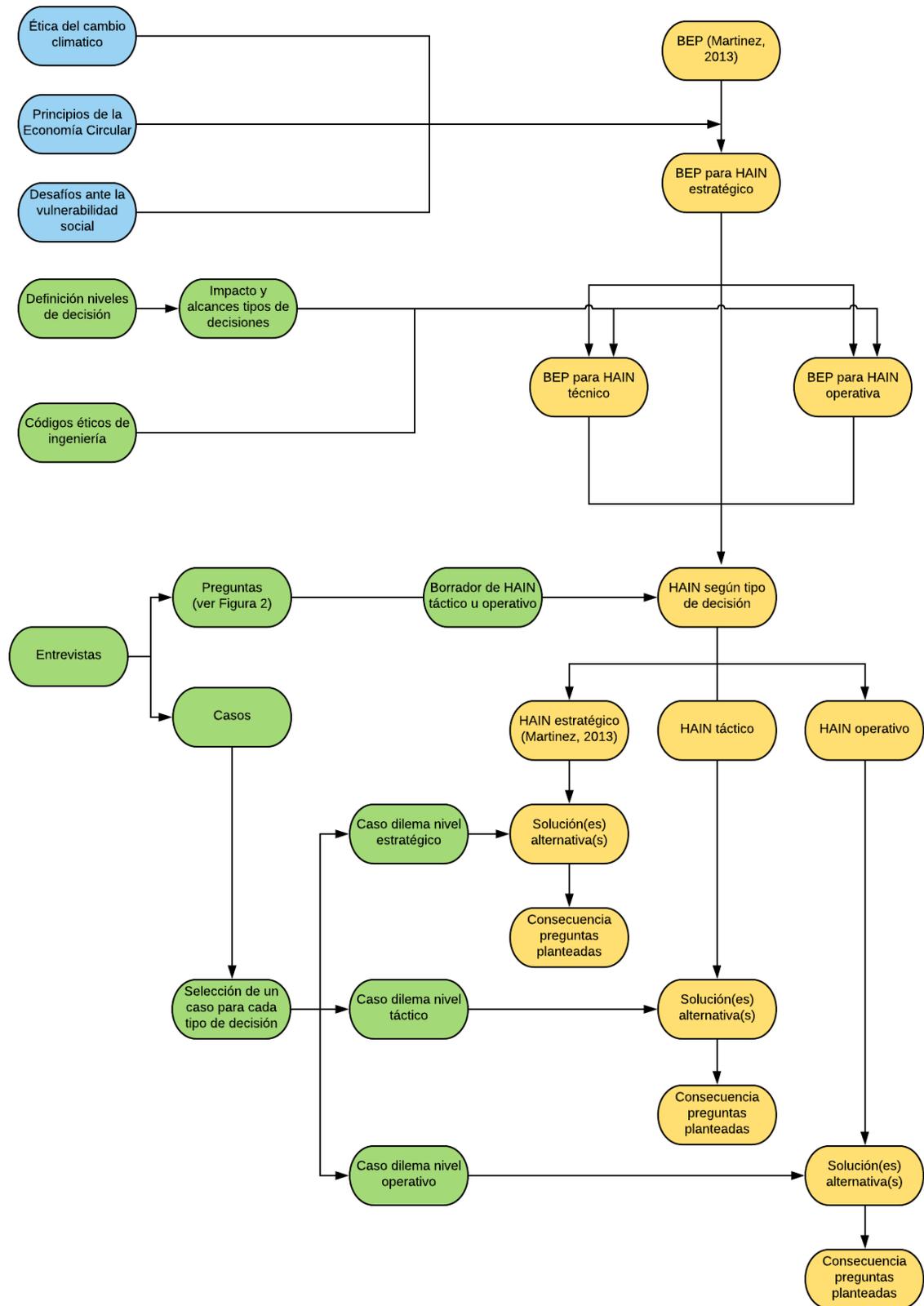


Figura 5: Esquema metodológico, elaboración propia.

5. Análisis de la BEP

5.1. Análisis preliminar de la BEP

Se argumentará que son tres las cuestiones fundamentales que pueden actualizarse preliminarmente dentro de la BEP ideada por Richard Martínez, aunque se destaca igual la construcción de esta en base a la integración de cada parte interesada dentro de la ideación de un proyecto ingenieril. Se cree que son muy pocas las herramientas dentro de la ética en la ingeniería que dejen como base para el razonamiento profesional criterios sociales. Los argumentos que se darán aquí en adelante son dados con ánimos de no solo mejorar esta herramienta sino de ampliar su actuación tomando en cuenta otras variables que se cree faltan y serían muy útiles también para el ejercicio de razonamiento ingenieril.

5.1.1. Análisis de aspectos sociales de la BEP

Se cree que debe actualizarse la concepción de igualdad de consideración de los *stakeholders* a la hora de integrarlos en el principio de *Integración*, argumentando a favor de una integración de factores de desigualdad que previamente tienen estos y que deben ser considerados por el o los ingenieros a cargo de la toma de decisión. El principio de *Integración* existente habla de “incluir a las partes interesadas y su influencia e interés en la realización o continuación de proyectos”, pero no menciona factores de desigualdad previa que existen entre los diferentes actores involucrados en la toma de decisión, que impactan. Así, por ejemplo, una comunidad indígena puede que tenga muchas más desventajas para alcanzar su bienestar que un grupo empresarial con intereses sobre el proyecto en cuestión. Respecto a este factor, el filósofo y economista premio Nobel, Amartya Sen, da directrices interesantes respecto de las dificultades de tratar a todos por igual, aunque primero, dice, debe aclararse cuál es la variable respecto a la cual se condiciona la igualdad. La pregunta que propone, “Igualdad, ¿de qué?” [81], en este caso, la HAIN la responde dentro del principio de *Integración* como igualdad de consideración e inclusión en las decisiones, lo cual es desde ya un gran paso que dar, y en la práctica ingenieril aún se da muy poco. Sin embargo, se cree que esa igualdad conlleva también a una dificultad en el sentido que puede ignorar las desigualdades arraigadas en un principio, como típicamente lo son en el caso de la clase social, el sexo y otras barreras no ajustables y fácilmente identificables [81]. En ese sentido es que se argumentará a favor de una consideración de estas desigualdades iniciales a la hora de integrar a los grupos sociales o personas con intereses afectados por un proyecto ingenieril.

Considerar entonces las desigualdades existentes implica necesariamente prestar especial atención a aquellos grupos más vulnerables, pues, dado que los efectos de la ingeniería sobre la sociedad tienen impactos desiguales sobre las partes, afectando generalmente a los grupos más vulnerables y beneficiando a aquellos ya más privilegiados, es que se hace necesario equilibrar bien los intereses de los diferentes stakeholders del proyecto. Ahora bien, cabría de igual modo preguntarse si, en efecto, es justo tener una atención especial por aquellos grupos vulnerables, sin embargo, la respuesta se da en base a la justicia social a la que debe apuntar todo profesional que tome la importancia de los alcances de su obra en la vida comunitaria, a que sea realmente empático con los otros a quienes afectará su técnica. La empatía a menudo se destaca dentro de la amplia gama de habilidades profesionales, como habilidades comunicacionales y la capacidad de colaborar en grupos interdisciplinarios, para los ingenieros del siglo XXI [82]. De hecho, se han realizado esfuerzos para hacer de la empatía una habilidad de enseñanza y aprendizaje dentro de las escuelas

de pregrado de ingeniería, al ser esta una habilidad en la que existe una falta de comprensión conceptual coherente y un lenguaje común para ser aplicada [82].

También, es ese mismo punto de incluir a los stakeholders en la toma de decisiones conviene especificar un par de cuestiones importantes respecto a la información que estos tienen sobre el proyecto en cuestión. Como dice el código ético de la RAEng, “la profesión de ingeniería tiene la responsabilidad de trabajar para informar al público sobre las tecnologías que están siendo desarrolladas, y de ofrecer consejos sobre los cambios que son requeridos y de empezar así el debate público” [83]. Mantener a la población informada, mediante mecanismos que ellos puedan entender para que así no existan malinterpretaciones es parte del deber ingenieril, y debe por lo mismo ser agregado a la HAIN, recordando de igual modo que junto a informar se deben escuchar las visiones y preocupaciones de los miembros de la sociedad, y considerar los valores de la gente.

Siguiendo la línea de consideración por aquellos más vulnerables, es de demasiada importancia en la actualidad la consideración de género a la hora de tomar decisiones, tomando en cuenta a las mujeres en particular dentro de los grupos de partes interesadas en el proyecto. Así, por ejemplo, puede que un proyecto de ingeniería afecte de cierto modo al Cambio Climático, lo que conlleva a impactos desbalanceados según el género de las personas afectadas, siendo las mujeres las más perjudicadas por este fenómeno⁶. Además, la brecha de género se muestra no solo en los efectos del Cambio Climático, sino en el desarrollo y desenvolvimiento sano de una compañía. En particular para Chile, datos desde el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) indican que estructuralmente la brecha de género en Chile es aún alta a pesar de como país tener un Índice de Desarrollo Humano (IDH) alto⁷, lo que es contradictorio. Los datos indican que el valor del Índice de Desarrollo de Género (IDG)⁸ para el país es de 0,962, bajo si se compara con otros países de Latinoamérica que a pesar de tener un menor IDH presentan un IDG promedio de 0,978 [84].

Más allá de los beneficios económicos y sociales reportados que pueda presentar el integrar a las mujeres dentro de una empresa [85], esto resulta un deber moral teniendo en mente que, independientemente del género, tanto hombres como mujeres y personas de género no binario, bajo la misma cualificación técnica, tienen el mismo derecho a voz en la realización de una actividad de carácter técnico. En caso contrario se estaría atentando contra los principios de pluralismo y democracia que toda empresa debe tener entre sus valores. De hecho, por esa razón, la Institución de Ingenieros Químicos⁹ (IChemE por sus siglas en inglés) tiene entre sus principios rectores la

⁶ Los desastres naturales durante el período 1981-2002 revelaron evidencia de una brecha de género: los desastres naturales redujeron la esperanza de vida de las mujeres más que la de los hombres: cuanto peor era el desastre y menor era el estatus socioeconómico de la mujer, mayor era la disparidad. [194]

⁷ El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es una medida resumida de logros en tres dimensiones clave del desarrollo humano: una vida larga y saludable, acceso al conocimiento y un nivel de vida decente. El IDH es la media geométrica de los índices normalizados para cada una de las tres dimensiones. [195]

⁸ El Índice de Desarrollo de Género (IDG) mide las desigualdades de género en el logro de tres dimensiones básicas del desarrollo humano: salud, medida por la esperanza de vida de mujeres y hombres al nacer; educación, medida por los años de escolaridad esperados de mujeres y hombres para niños y los años promedio de escolaridad de mujeres y hombres para adultos mayores de 25 años; y el control sobre los recursos económicos, medidos por el ingreso del trabajo estimado de hombres y mujeres. Es una razón entre el IDH de mujeres respecto del IDH de hombres. [195]

⁹ Fundada en 1922, la IChemE es una institución global profesional que reúne más de 35.000 miembros en 100 países y cuyo objetivo es el apoyo al desarrollo de la profesión en beneficio de la sociedad y a la interconexión y apoyo entre sus miembros.

diversidad, igualdad e inclusión, y, por lo mismo, es parte firmante del concordato de diversidad de la Real Academia de Ingeniería y la declaración del Consejo de Ciencia sobre diversidad, igualdad e inclusión, en el cual se compromete a promover la igualdad, la diversidad y la inclusión en todas sus comunidades y desafiar los prejuicios y la discriminación [86]–[88]. Esto ilustra la importancia que para la actualidad tiene este hecho sobre la labor de la ingeniería química.

Por otra parte, no solo dentro de la empresa se debe tener como principio la equidad de género, sino también fuera de ella, como en las comunidades cercanas al proyecto ingenieril evaluado, siendo fundamental un análisis de la componente distributiva y poblacional de género de las poblaciones afectadas. Es importante tener una noción de esto pues va de la mano con el principio ético de consideración de los más vulnerables, como se mencionó con anterioridad. ¿Por qué una mujer sería más vulnerable que un hombre, aún bajo el mismo techo? La respuesta se da en muchas esferas sociales, ya sea dentro de la división del trabajo dentro del hogar, en el grado de cuidados o educación recibidas, en las libertades que se permite gozar a los distintos miembros de la sociedad, entre otros aspectos, donde la mujer resulta ser la más perjudicada en sus libertades y oportunidades [81].

La HAIN da buenas luces para abarcar todas estas desigualdades sociales y de género en los principios de *Desarrollo Integral* y *Desarrollo Equilibrado*. En el primero de ellos se habla de “incluir a todos los grupos de interés social en la toma de decisiones” pero falta primero darles un énfasis especial a aquellos grupos vulnerables identificados en el principio de *Integración*, además de dar importancia a informarlos de manera transparente y honesta previo a integrarlos. En el otro principio mencionado se habla de dar un “aporte balanceado en todos los grupos sociales” pero se cree que aún falta aclarar lo que significa balanceado, lo que se responderá en la actualización en base a que debe hacerse un aporte principal a las comunidades desaventajadas socialmente. Además, lo balanceado se relaciona con la componente de género en el problema, al evidenciar la composición de género dentro de las comunidades cercanas y demostrando que resultara un desbalance, en general, entre los afectados y las afectadas por la contaminación. Resulta esto primordial y congruente con uno de los principios fundamentales para los ingenieros, que es la empatía y justicia para con los más vulnerables.

Por lo mismo es que tanto para dar un enfoque de justicia social por los más vulnerables como un enfoque de género, ya sea en el principio de *Desarrollo Integral* y de *Desarrollo Equilibrado*, conviene hablar de equidad. No es casualidad que este concepto se utilice de manera seguida entre varios documentos que hablen de principios ligados al Cambio Climático. Se destaca el uso de este concepto entre los Principios Éticos en relación con el Cambio Climático dentro de la UNESCO (Artículo 4 “Equidad y Justicia”) [89], entre los principios estipulados en el Artículo 3 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (“las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades”) [90], entre los principios estipulados en el Proyecto de Ley Cambio Climático (“Equidad: es deber del Estado procurar una justa asignación de cargas, costos y beneficios, con enfoque de género y especial énfasis en sectores, comunidades y ecosistemas vulnerables al Cambio Climático”) [74] y el reconocimiento desde el IPCC como valor importante, junto a la justicia y la responsabilidad [91].

En el presente trabajo se entenderá equidad dentro del marco de la teoría de justicia distributiva,

es decir, la justa asignación de bienes o cargas dentro de la sociedad. Para ello conviene igual hablar de una teoría dentro de la justicia distributiva, el prioritarismo, quiere decir, el dar prioridad a obtener beneficios a aquellos cuyo nivel de bienestar es bajo, por lo que se favorecerá ayudar a la persona miserable en lugar de a la afortunada. Esto dado que el valor moral de brindar un beneficio para una persona es mayor cuanto menor es el nivel de beneficio de la persona antes de recibirlo [92]. De acuerdo con el IPCC, al juzgar sobre el Cambio Climático, una función prioritaria dará relativamente más importancia a los intereses de las personas y países más pobres [91], y es así como se ha estipulado la Ética del Cambio Climático presentada por la UNESCO al decir que “los seres humanos tienen el deber, colectiva e individualmente, de prestar ayuda a las personas y grupos más vulnerables al Cambio Climático y los desastres naturales” [89]. En suma, como equidad se entenderá a la justa consideración de los intereses de los menos aventajados económica, social y/o ambientalmente.

5.1.2. Análisis de aspectos ecológicos de la BEP

Es importante considerar un aspecto ecológico que actualmente es crítico para la supervivencia de la humanidad y la vida en general: el Cambio Climático. Dentro de la BEP el medioambiente es posible considerarlo como parte elemental en varios principios, y así lo demostró Richard Martínez en su trabajo. Sin embargo, no existe un principio cuya perspectiva esté centrada en el Cambio Climático, por lo que se argumentará que un criterio como el Principio Precautorio cumple una de las tareas de tal necesario enfoque. Otra tarea pendiente es que falta hablar de mitigación y adaptación al Cambio Climático entre los principios de la BEP. La mitigación se define como “una intervención humana para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI)”, mientras que la adaptación se define como el “proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos” [91].

Como bien se mencionaba anteriormente, el Principio Precautorio conlleva una reflexión centrada completamente en los efectos sobre el medioambiente y que va más allá de la prevención de los daños, sino en la adopción de medidas capaces de mitigar los efectos aun cuando no haya evidencia científica que pruebe la necesidad de tales medidas, sino más bien riesgos posibles aun no probados. Una reflexión de este tipo es más agresiva que uno del tipo preventivo, entendiendo el principio de prevención como el que se encarga del riesgo sabido, conocido, verificado, comprobado, real, en tanto que el de precaución interviene sobre el riesgo hipotético, sospechado, el posible [93], y es necesaria esta agresividad pues la urgencia de la situación climática lo amerita. Este principio afecta no solo la instalación de un proyecto en particular, sino también la utilización de nuevas tecnologías cuyos efectos sobre el medio ambiente no hayan sido probados y pueden ser nocivos para este. De ahí la importancia que tendrá este principio en los diferentes tipos de decisiones dentro de la ingeniería.

En cuanto a la HAIN, sería posible incluir el Principio Precautorio dentro de la *Reflexión Crítica*, pues si bien dentro de este existe la pregunta sobre las precauciones que se habrían que tener, hace falta aclarar el concepto junto a las condiciones necesarias del Principio Precautorio dadas a conocer anteriormente, esto es, incertidumbre del riesgo, evaluación científica del riesgo, daños severos o irreversibles, (en este caso, daños causantes del Cambio Climático o que potencien los efectos de este), proporcionalidad de las medidas y cambio en la carga de prueba.

Además, dentro de la *Reflexión Crítica* hace falta que la pregunta guíe a pensar sobre las estrategias de mitigación y adaptación al Cambio Climático, dado que es en este principio donde se busca “definir tanto las causas como los efectos de las acciones ingenieriles”, de manera de “replantear caminos tomados y buscar la mejor solución”, pero esta vez también buscando estrategias de mitigación y adaptación al Cambio Climático, pues así se estaría buscando lo mejor no solo para la sociedad presente, sino para las generaciones futuras, persiguiendo de igual modo lo planteado en el principio de *Desarrollo Sostenible*. Sin embargo, en lo anterior debe existir el debido equilibrio, tal que las propias medidas de mitigación y adaptación no produzcan otro tipo de daños. Se debe aclarar que es importante determinar en primer lugar cómo el proyecto contribuye al Cambio Climático, para recién empezar a pensar en medidas de mitigación, y en segundo lugar cómo el Cambio Climático impacta al proyecto y a la sociedad, por ejemplo, cómo la sequía puede impactar en la disponibilidad de agua en el proceso y además a la sociedad, para de este modo pensar medidas de adaptación al Cambio Climático.

5.1.3. Análisis del Bien Común en la BEP

Se pretende discutir la noción de *Bien Común* dentro de la HAIN, que se liga a la Misión de la Universidad de Chile. Si bien dentro de la Misión de la Universidad está el contribuir al desarrollo espiritual y material de la *Nación* [94], es válido preguntarse qué tan necesario es pensar en la *Nación* sobre cualquier otra cosa, sobre todo en momentos en que, por ejemplo, los intereses de comunidades indígenas sienten que sus valores no son representados entre los valores esta (por dar un ejemplo, el modelo extractivista que prima en Chile va contrario a los valores mapuches de conservación y cuidado de los recursos naturales, teniendo los espacios ecológicos hasta una valoración espiritual para ellos [95]). De hecho, citando a Sergio Caniuqueo, historiador e investigador del Centro de Estudios Interculturales e Indígenas (CIIR), “hoy los pueblos indígenas están reconocidos dentro de la Constitución solo como ‘sujetos especiales’: minorías que deben ser protegidas y tuteladas porque no pueden tomar decisiones solas” [96]. Como solución a lo anterior es que se ha propuesto la idea de plurinacionalidad, que vaya más allá de la idea de *Un Estado Una Nación* que históricamente se ha buscado por parte del Estado [97]. De acuerdo al senador y ex intendente de La Araucanía, Francisco Huenchumilla, en su proyecto de Reforma constitucional para el reconocimiento de la plurinacionalidad y de los derechos de los pueblos indígenas, un Estado plurinacional sería “una institucionalidad política con una gran comunidad política múltiple, en la cual, las naciones internas cuentan con marcos normativos que les permiten tener relaciones recíprocas para tener una convivencia política y social” [98]. Se piensa en este trabajo que, si bien tal concepto aún no ha sido reconocido constitucionalmente, al menos conceptualmente el concepto de nación podría actualizarse.

Para esto podría resultar útil el concepto de ciudadanía cosmopolita. De acuerdo con Adela Cortina, el proyecto de construir una ciudadanía cosmopolita puede convertir a la humanidad en comunidad, en el sentido de buscar un objetivo, una causa común. Por ende, para ser hoy un buen ciudadano en cualquier comunidad es preciso satisfacer la exigencia ética de tener como referente el convertirse en ciudadano del mundo [99]. Por otro lado, el concepto de nación está recién siendo objeto de debate y además aún no se ha plasmado en la Constitución el concepto de plurinación, como tampoco dentro de la misión que tiene la Universidad de Chile. La nación es un concepto que necesita aún ser de algún modo reformulado y repensado en el sentido de poder incluir otras culturas e identidades. Por lo anterior es que se dejará de referir a la misión de la Universidad de Chile porque, en opinión del autor, es un concepto que ha quedado atrasado frente al fenómeno de

globalización, los fenómenos migratorios y de reivindicación de las demandas de las comunidades indígenas.

Por lo mismo, en vez de pensar en la nación como el ámbito clásico de la ciudadanía, las nociones contemporáneas de pertenencia, derechos y obligaciones entre los individuos tienden a centrarse en la identidad ciudadana (tales como género, orientación sexual u origen étnico) o comunidades cosmopolitas. Entonces, a fin de cuentas, se preferirá hablar de ciudadanía por su potencial de abarcar estas nuevas comunidades y también haciendo referencia a la capacidad de abarcar una futura ciudadanía cosmopolita, aún en desarrollo. Antes hay que hacer una aclaración: cuando se habla de ciudadano o ciudadana se habla en su forma política, como sujeto o sujeta perteneciente a una comunidad en particular, sea esta local, migrante, indígena, etc. Esto puesto que legalmente, y de acuerdo con la actual Constitución, “son ciudadanos los chilenos que hayan cumplido dieciocho años de edad y que no hayan sido condenados a pena aflictiva” [100].

La ingeniería debe reconocer la diversidad cultural existente dentro de la ciudadanía, sus valores y bienestar, y entender que se poseen diferentes cosmovisiones dependiendo de la cultura a la que se atienda. Así, es un desafío permanente la relación que debe tener la ingeniería respecto de las comunidades indígenas, la forma en que ha de atenderse de forma de no vulnerar los diferentes derechos¹⁰ que tienen estos pueblos, tales como sus modos de sustento y sistemas de conocimiento. Con esto ya en mente, se dirá que la ingeniería debe atender a la ciudadanía, procurando crear comunidades felices, sanas, prosperas y sustentables¹¹ inspirándose siempre en los valores democráticos y el resguardo y enriquecimiento del acervo cultural nacional, ya sea local, indígena o tradicional, y universal¹².

5.2. *Ética para tiempos de Cambio Climático: comparación de la BEP con los principios UNESCO.*

Los desafíos que tiene la industria de procesos para mantenerse activos son enormes, comprendiendo que, en la actualidad, en un mercado cada vez más competitivo y bajo un panorama de dificultades para el crecimiento económico, deben mejorar cada día más su propio desempeño a través de toda su cadena de suministros. Sin embargo, son otras variables aparte de las económicas las que entran en juego: el panorama político ha cambiado de manera rápida durante este siglo, por lo que las prácticas y políticas que tienen las empresas han, por ende, de adaptarse a estos cambios. El Cambio Climático ha entrado como una situación clave en esta situación, destapando problemas no solo desde el medio ambiente, sino también en temas como la desigualdad social, la inequidad de género, que deben tomarse en cuenta a la hora de que las compañías deban optimizar su propia cadena de suministros para mantenerse en el mercado.

Durante la última década ya ha sido reconocida por investigadores la relación existente, desde

¹⁰ Respecto a estos, resulta importante conocer la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas [196], donde se declaran muchos de los derechos de los pueblos originarios.

¹¹ Para este punto fue de inspiración la razón de existencia de la asociación de ingenieros de Australia, cuyo manual de voluntario dice lo siguiente: “Engineers Australia da forma al futuro de Australia, creando comunidades felices, saludables, prósperas y sustentables” [197]

¹² Esto último es una modificación al párrafo de Martínez en su trabajo [10], en el principio de Bien Común: “para propender al bien común es necesario atender a los requerimientos de la nación, inspirándose siempre los valores democráticos y el resguardo y enriquecimiento del acervo cultural nacional y universal.”

una perspectiva utilitarista, entre los beneficios comerciales y la implementación de iniciativas éticas dentro de una cadena de suministros, aunque sin embargo, este efecto ha recibido poca atención en la literatura [101][102]. Importante es para ello que las compañías tomen en cuenta la noción del Triple resultado, es decir, que consideren tanto el desempeño económico como el desempeño medioambiental y social [101][103]. De hecho, los beneficios de las iniciativas sobre el medioambiente y la sociedad incluyen una mejor salud de los trabajadores, lo que conlleva a una mayor productividad de estos y menores facturas médicas, y la promoción de la viabilidad comercial a largo plazo a través de la sostenibilidad ambiental [101][104]. De ahí la radical importancia del Cambio Climático no solo para los *stakeholders* de la compañía, sino para el desempeño de esta misma.

La UNESCO, en noviembre del año 2017, lanzó una declaración que establece una serie de principios éticos en relación con el Cambio Climático, en la que definen 6 principios fundamentales, los cuales deben ser tomados en cuenta, respetados y promovidos, según proceda, por los Estados y particulares, grupos, autoridades, comunidades científicas e instituciones y empresas de todos los sectores, tanto públicos como privados, en las decisiones que adopten y las actividades que lleven a cabo [89], [105]:

1. Prevención de daños: Se deben prever, evitar o reducir al mínimo los daños resultantes del Cambio Climático; formular y aplicar políticas destinadas a mitigar tal fenómeno y adaptarse a él; fomentar la resiliencia climática y un desarrollo bajo en emisiones de GEI.
2. Criterio de precaución: Ante amenaza de perjuicio grave o irreversible no se debe aplazar la adopción de medidas eficaces en relación con el costo capaces de prevenir o mitigar al mínimo los efectos adversos del Cambio Climático, con el pretexto de falta de certeza científica absoluta.
3. Equidad y justicia: Los agentes competentes deben trabajar en conjunto con espíritu de justicia, integración y en particular, solidaridad con las personas más pobres y vulnerables; se deben adoptar medidas para salvaguardar los ecosistemas del planeta en beneficio de las generaciones presentes y venideras; se debe tener en cuenta la contribución de mujeres en la adopción de decisiones al ser estas más vulnerables al Cambio Climático y tener menos acceso a recursos; se debe facilitar y fomentar la sensibilización del gran público y su participación en el proceso decisorio y la realización de actividades; se deben facilitar recursos judiciales y reparaciones a quienes hayan sido damnificados por los trastornos climáticos.
4. Desarrollo sostenible: Para asegurar a las generaciones presentes y futuras condiciones para su desenvolvimiento se debe: promover modelos sostenibles de consumo, producción y gestión de desechos, utilizando recursos de forma eficiente y promoviendo la resiliencia climática y un desarrollo con bajas emisiones de GEI; garantizar a todas las personas, en especial las que sean vulnerables, los beneficios del desarrollo y que contribuyan a erradicar la pobreza; conceder especial atención a ámbitos donde las repercusiones del Cambio Climático sobre la situación humanitaria puedan resultar drásticas, como alimentación, energía, agua, océanos, desertización, degradación de suelos, catástrofes naturales y poblaciones desplazadas.

5. Solidaridad: Se debe prestar ayuda a las personas y grupos más vulnerables al Cambio Climático y los desastres naturales; compartir de forma equitativa y oportuna el conocimiento sobre las causas, modalidades y efectos del Cambio Climático junto a la forma de responder a él; potenciar actividades de cooperación en los ámbitos de desarrollo y transferencia de tecnología, fomento de capacidades y aportación de medios y recursos financieros en beneficio de los países en desarrollo y más vulnerables a los efectos del Cambio Climático.
6. Conocimientos científicos e integridad en la adopción de decisiones: Se deben reforzar los vínculos entre la ciencia y la política, a fin de propiciar la adopción de decisiones apropiadas y la aplicación a largo plazo de estrategias pertinentes, que tengan en cuenta la previsión de riesgos. Promover una ciencia independiente y difundir sus resultados entre el mayor número posible de personas, para que todas puedan beneficiarse de sus frutos.

A partir de lo anterior, conviene realizar una comparación entre la Base Ética Propuesta de Richard Martínez respecto de los principios ya mencionados, realizando un cuadro comparativo que muestre diferencias y semejanzas entre la BEP y la Ética del Cambio Climático declarada por la UNESCO, la que se presenta en la Tabla 2:

Tabla 2: Tabla comparativa entre los Principios Éticos en relación con el Cambio Climático, promovido por la UNESCO, y la Base Ética Propuesta de la HAIN versión estratégica.

Principios Ética del Cambio Climático	Base Ética Propuesta
Prevención de daños	<p>Este principio es posible ligarlo con el principio de <i>Reflexión Crítica</i>, en el sentido de que esta se enfoca en reflexionar sobre las consecuencias previstas de un proyecto. Esta reflexión debe llevar, por lo tanto, en base a balances de masa de los procesos, análisis de ciclos de vida de productos o servicios, las emisiones de GEI previstos y las consecuencias de tales sobre el medio ambiente.</p> <p>La diferencia entre ambas radica en que el principio promovido por la UNESCO promueve un rol más activo y explícito en la formulación de políticas destinadas a la mitigación y adaptación al Cambio Climático en particular.</p>
Criterio de Precaución	<p>Este criterio se definirá dentro de la BEP dentro del principio de <i>Reflexión Crítica</i> al existir dentro de esta una pregunta que apunta sobre las precauciones que se deben tener según una ingeniería que es responsable.</p>
Equidad y Justicia	<p>Se puede relacionar este principio con el de <i>Desarrollo Integral</i> al exigir un espíritu de integración y participación con todas las personas, el gran público, en el proceso decisorio en la realización de actividades. Habría que discutir qué se entiende por “espíritu de justicia” en este principio y cómo se liga con el principio de <i>Conciencia Social</i>, entendiendo esta última como justa en el sentido de imparcialidad, en el</p>

sentido de John Rawls, al momento de tomar la decisión, poniéndose en el lugar de cada uno de los grupos sociales que manifiesten intereses en el proyecto bajo un velo de ignorancia [106]. Por último, se liga al *Desarrollo Sostenible* al promueve un rol de salvaguarda de los ecosistemas en beneficio de las generaciones presentes y venideras.

La diferencia entre la Ética promovida por la UNESCO y la BEP está en que la primera promueve nuevamente un rol más activo en la protección de los ecosistemas en particular y además promueve la contribución de mujeres en la adopción de decisiones que impacten sobre el Cambio Climático.

**Desarrollo
Sostenible**

Se puede corresponder este principio con el de *Desarrollo Sostenible* igualmente, en lo relativo a asegurar a las generaciones presentes y futuras condiciones para satisfacer sus necesidades. La reflexión de la HAIN en este punto debiera ir enfocada al uso eficiente de recursos y el desarrollo de actividades con bajas emisiones de GEI a modo de alcanzar la sostenibilidad del proyecto en cuestión. De igual modo se liga este principio al de *Desarrollo Equilibrado* al preocuparse por garantizar a todas las personas el aporte que trae consigo el desarrollo, aunque, sin embargo, en este caso se hace énfasis a aquellas que sean vulnerables.

Las diferencias radican en que el principio de la UNESCO insta a los agentes tener un rol más activo en el combate a los efectos adversos del Cambio Climático en áreas críticas para la humanidad

Solidaridad

Este principio se puede relacionar con el de *Bien Común* y de *Desarrollo Equilibrado*, aunque el alcance que hace la UNESCO va específicamente enfocado en las personas y grupos más vulnerables y también a tomar un rol más activo en la cooperación entre las partes, mientras que el alcance del principio en la BEP no especifica tal cuestión, más bien se enfoca a lo que sería un aporte balanceado para todas las partes, de tal modo que cada una alcance su bien común atendiendo los requerimientos de la nación. Se debiera dar una definición clara de lo que sería aporte balanceado.

Otra diferencia radica en el hecho de que en este principio se busca que los agentes se esfuercen en potenciar actividades oportunas de cooperación en ámbitos del desarrollo y la transferencia de tecnología. Se argumentará más adelante que la cooperación entre agentes competentes es fundamental para enfrentar problemas globales como el Cambio Climático.

**Conocimientos
científicos e
integridad en la
adopción de**

Es posible asociar este principio al de *Creatividad* en la línea de que este sostiene la necesidad de que la decisión tomada este basada en los mejores conocimientos científicos disponibles, lo que va de la mano con la capacidad inventiva e innovadora del ingeniero, que siempre se debe

decisiones	poner en práctica según la BEP y el perfil de egreso de la FCFM, inclusive recalcando que vayan más allá de lo tradicional, lo que de algún modo se puede ligar a lo sugerido por la UNESCO en el hecho de que sugiere que se consideren saberes locales, tradicionales e indígenas. Así mismo existen similitudes en el sentido de que esta última especifica que las decisiones deben tener en cuenta las posibilidades y riesgos subyacentes y que se deben disponer estrategias de largo plazo, mientras que en la BEP se aclara que se busca predicción de las consecuencias de las decisiones tomadas y cómo estas consecuencias se enfrentarán.
-------------------	--

En resumen, de acuerdo con lo presentado en la Tabla 2 se distinguen varios aspectos que resultan útiles a la hora de rediseñar la BEP según Cambio Climático. Estos se discutirán a continuación.

5.2.1. Rol activo de los proyectos ingenieriles para combatir el Cambio Climático

Queda claro que una cuestión importante a destacar es el hecho de que la UNESCO promueve un rol más activo en el combate al Cambio Climático, fomentando actividades que busquen mitigar sus efectos y adaptarse a él como también fomentando la adopción de medidas para salvaguardar y proteger los ecosistemas terrestres y marinos. Respecto a lo anterior, queda claro que muchas veces esa no es una función principal dentro de una gran cantidad de proyectos de ingeniería y se tendería a pensar que esta labor podría quedar más bien dentro de lo que sería la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), o, en otras palabras, queda a criterio de la empresa si intervenir o no en el problema. Sin embargo, se argumentará que bajo una lógica más ingenieril y responsable es cada vez es más complejo delimitar los límites de lo que es interno y externo a una empresa, sobre todo en un tema tan transversal como lo es el Cambio Climático. De hecho, el estudio titulado “Mapeo de actores e impacto potencial de la Economía Circular en Chile” solicitado por el Ministerio del Medio Ambiente destaca, con respecto a las fortalezas clasificadas como “empresariales”, que las grandes empresas han asumido un compromiso mayor, porque han ido abandonando progresivamente el concepto de la RSE para dar paso a un “paradigma de desarrollo sostenible” [107][108]. También, por otra parte, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas están impulsando la sostenibilidad con metas sociales proactivas, globales, alejándonos del paradigma de Brundtland 'no hacer nada hoy que comprometa las generaciones futuras' y promoviendo un cambio regenerativo del concepto de sustentabilidad, que ya no solo se considera con recursos y energía, sino que es significativamente centrado en el ser humano [109].

Ya no se trata, entonces, de que esto sea un problema externo que solo perjudica a los más vulnerables: ahora afecta a todos, aunque de manera desigual, como bien se mencionó desde la UNESCO. De ahí que el llamado que hace esta institución no sea simplemente uno a los organismos públicos y privados competentes, es un llamado a integrar dentro de la ética profesional y empresarial el tomar rol activo en esta situación. Para dar continuidad a un negocio es un deber tomar acción en aquellos factores que afectan a este y a las comunidades cercanas. Estudiar un negocio bajo la lógica de una empresa desligada de la comunidad en que se inserta ha costado

bastante no solo para la gente en sí, sino también a la empresa misma.

Ahora la pregunta se transforma en ¿cómo una empresa puede tomar un rol más activo respecto al Cambio Climático? Conviene por lo mismo hablar de una idea que está completamente ligada a lo anterior, y que está dentro de la declaración de emergencia climática emanada por varios cuerpos de ingenieros, entre los que destacan los de Australia y de Reino Unido. Dentro de los principios de los organismos antes mencionados se habla de “abogar por un cambio más rápido en nuestra industria hacia prácticas de diseño regenerativo, que respeten los límites ecológicos al tiempo que permitan un acceso socialmente justo a los recursos y servicios, y una mayor prioridad de financiamiento gubernamental para apoyar esto”, y de “acelerar el cambio a los principios de la Economía Circular (por ejemplo, minimizar el uso derrochador de recursos) y materiales con bajo contenido de carbono en todo nuestro trabajo” [27]–[29]. Esto tiene estrecha relación con la Economía Circular (EC), definida en la sección de Antecedentes, y cuyo propósito es similar, quiere decir, formar un sistema industrial que es restaurador o regenerativo por intención y diseño. En particular en este trabajo se hablará de restaurativo pues: (i) en la literatura la restauración es un concepto mejor definido que la regeneración (ii) regeneración es un término simbólico/evocador con poca aplicación práctica en el contexto de sistemas circulares, excepto en el caso de ciertas prácticas agrícolas, y hasta que intervengan nuevos desarrollos conceptuales, la regeneración no parece ser aplicable a la economía en su conjunto [110].

A partir de lo anterior entonces, habría que determinar si es necesario actualizar algún principio de los ya contenidos en la BEP para que dé cabida a la EC dentro de esta o si hay que crear otro principio. En opinión del autor de este trabajo, este principio cabe perfectamente en la actualización de lo que es *Desarrollo Sostenible*. Con todo lo anterior, las preguntas “¿En qué medida mi proyecto es amigable con los ecosistemas terrestres y marinos locales?” “¿es posible considerar en el diseño los principios de la Economía Circular de reciclaje, reúso y reducción de recursos?” son una preguntas que en tiempos como los de hoy resulta cada vez más competentes y en línea con la ética ingenieril desde una perspectiva de emergencia climática.

Para hacer más efectivo el pensamiento de la EC, se propone lo que Stahel llama el “principio de inercia”, que habla de que mientras más pequeño sea el ciclo, más eficiente será, siendo mejor actuar localmente para evitar mayores costos de transporte [51]. Es decir, la Economía Circular tiene un orden ya que así es como se hace que los ciclos cerrados de la EC más eficientes, por lo tanto, se hace necesario guiar de manera ordenada la reflexión para la ingeniería. Inspirado en esa línea, para la ingeniería química se puede adaptar lo anterior, dado que está más enfocado al diseño de productos que hacia el procesamiento de materia, según lo siguiente: (i) reduzca en lo posible el uso materia prima y la cantidad de desechos producidos, (ii) diseñe sus productos para que tengan una larga vida útil y para que puedan ser reusados, reparados, remanufacturados, y reciclados, y, de no ser esto posible, que puedan ser biodegradados de manera rápida al final de su vida útil, (iii) no consuma materia prima virgen si es posible obtenerla de reciclaje, como tampoco consuma energía de fuentes no renovables si puede obtenerla de fuentes renovables o del reciclaje de energía. Todo lo anterior conforma en resumidas cuentas lo que se denomina cultura restaurativa dentro de la industria química.

5.2.2. Principio precautorio según la Unesco

El criterio de Precaución de la UNESCO, que se basa en el Principio Precautorio, es un

principio que falta especificar más de la BEP, y tal como se comentó en la sección 5.1.2, se realizará dentro del principio de *Reflexión Crítica*. En particular, el que plantea el organismo de las Naciones Unidas se trata, de acuerdo con la terminología empleada por Moya [111], de un principio precautorio minimalista o débil, es decir, precaución solo en casos de riesgo extremo y siempre y cuando los costos lo determinen, mientras que uno maximalista o fuerte permite la inacción al poner la carga de la prueba de la seguridad en quien pretende introducir un nuevo proceso o producto y no en quien lo sufre. Así, mientras el primero se basa en costo-beneficio aún bajo incertidumbres, el segundo pretende llamar a la inacción ante riesgos. La desventaja del primero radica en que limita mucho el carácter radical de este principio a un criterio donde bajo incertidumbres es complejo calcular los costos-beneficios, mientras que para el segundo enfoque existen dificultades inevitables en el hecho de que es prácticamente imposible que no existan riesgos en un proyecto y puede llevar a un estancamiento para proyectos de innovación [112].

Según la visión de Costa Cordella [75], el Principio Precautorio es un continuo donde los extremos son los valores que la literatura considera como débiles o fuertes, y que de entre los múltiples conceptos dentro de ese continuo el más interesante es el que propone Elizabeth Fisher [105][106], que implica moverse más allá de la calificación técnica del riesgo, aportando factores distintos de la experiencia científica y técnica en la toma de decisiones, incluida una experiencia más cualitativa y personal. Siguiendo entonces esa misma línea, esta comprensión del principio de precaución apunta hacia una toma de decisiones abierta, e incluso puede reforzar el movimiento hacia la "participación pública", democratizando la toma de decisiones técnicas [112]. Así entonces, ante la incertidumbre de los riesgos conviene tomar en consideración, dentro de la reflexión ética del ingeniero, no solo la calificación técnica de estos mismos sino también las consideraciones políticas y comunitarias. Para lo anterior es fundamental la comunicación e integración del equipo ingenieril con el entorno, y una apertura de este a las opiniones de la gente sobre el riesgo en cuestión. Será este tipo de Principio Precautorio entonces el que se integrará dentro de la BEP, dado que la apertura a las opiniones de las comunidades afectadas está ya estipulada entre sus principios.

5.2.3. Consideración por género y por comunidades más pobres y vulnerables

Las mujeres son destacadas en los principios establecidos por la UNESCO dentro de los grupos vulnerables que hay que atender, sobre todo tomando en cuenta que son ellas quienes mayormente sufren las consecuencias del Cambio Climático, componiendo, según evidencia, el 80% de los refugiados climáticos, y siendo las primeras en sufrir las consecuencias de temperaturas extremas y desastres naturales [114]. Esto refuerza lo descrito anteriormente de considerar la componente género en la HAIN.

También, como se mencionó anteriormente, el enfoque de la HAIN debiera actualizarse en el sentido de especificar que debiera tomarse en cuenta, en particular, a las comunidades pobres y vulnerables. De acuerdo con los principios de la UNESCO, entre estas se incluyen a las comunidades locales, poblaciones indígenas, personas desplazadas y migrantes, discapacitados, niños y personas de tercera edad. El problema de la desigualdad social debe ser entendido como un problema crítico y transversal en nuestro siglo, tal y como ha mostrado la CEPAL, que ha puesto esta variable como un eje central de la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, la cual "expresa un consenso sobre la necesidad de avanzar hacia sociedades más inclusivas, solidarias y

cohesionadas” [115]. Junto a ello, síntoma de los efectos de la desigualdad son también las múltiples protestas contra la misma que han ocurrido no solo a nivel país durante los años 2019-2020, sino en toda América latina, poniendo un desafío enorme al paradigma social y económico que rige la zona.

Una de las dificultades de considerar a todos por igual radica en que, citando a Sen, puede resultar en que se dé un trato desigual a aquellos que se encuentran en una posición desfavorable, ignorando aspectos centrales de las demandas de igualdad [81]. De ahí que una de las mejoras posibles que hacer dentro de la BEP radica en una actualización del principio de *Desarrollo Integral*, pues cuando se habla de “incluir a todos los grupos de interés social en la toma de decisiones”, se termina dando un tratamiento por igual a estos sin analizar sus diferencias previas. Se argumenta aquí en favor de una ajuste de la BEP por una que considere las desigualdades como parte del deber profesional para erradicar en lo posible, teniendo una especial consideración por aquellos grupos más vulnerables, tal como propone la UNESCO. La manera de hacerlo se comentó anteriormente, que será mediante la equidad como objetivo a cumplir a la hora de considerar a los diferentes agentes afectados e interesados por el proyecto.

5.2.4. Solidaridad y cooperación entre agentes

Una de las diferencias mencionadas anteriormente entre la BEP y la propuesta ética de la UNESCO radica en el principio de Solidaridad, en que se habla de que los agentes competentes deben esforzarse en potenciar oportunidades de cooperación, y, aunque si bien este punto apunta a países para que aporten a los países en desarrollo, también es posible extrapolarlo hacia las actividades de las empresas, y para ello es útil hablar nuevamente de la EC y su enfoque sistémico de aplicación. Aquellos principios de la EC mencionados en el apartado *Rol activo de los proyectos ingenieriles para combatir el Cambio Climático* corresponden al modo de aplicarla a nivel micro o dentro de la empresa. Dado que los impactos ambientales son producto de la actividad industrial en conjunto que por procesos individuales es que se requiere tener una visión integral de problema. Conviene, por ende, ampliar la mirada de la EC a un nivel meso, o entre empresas, pues también es posible aplicar la EC mediante parques ecoindustriales y la simbiosis industrial. Un parque ecoindustrial (PEI) es una comunidad de empresas manufactureras y de servicios que buscan un mejor desempeño ambiental y económico a través de la colaboración en la gestión de los problemas ambientales y de recursos [116]. Para que efectivamente se conforme un PEI se requiere sin embargo de i) un marco de desarrollo eco-industrial de las empresas en el parque y ii) un sistema infraestructural compartido para el abastecimiento en común [117]. Dentro de estos PEIs, los desechos de una compañía sirven como materia prima o parte de materiales de otras compañías, formando así lo que se llama simbiosis industrial.

Este punto igual tiene fuerte relación con el combate al Cambio Climático y sus efectos, pues las actividades de colaboración sistémicas entre las industrias pueden reducir el consumo total de materiales y energía y, con ello, reducir las emisiones de GEI. De hecho, en términos de implementación de opciones de mitigación, las empresas en PEIs pueden beneficiarse del intercambio de subproductos (incluido el calor residual) y el intercambio de infraestructura, así como la compra conjunta (por ejemplo, de tecnologías de eficiencia energética). En suma, la cooperación en PEIs reduce el impacto ambiental acumulativo de todo el parque industrial [91][118]. Casos de aplicación de este concepto hay varios y sus resultados son de igual modo interesantes de analizar: por ejemplo, dos PEIs pioneros en China lograron hasta un 80% de reuso

de residuos sólidos y sobre un 82% de reuso de RILes durante el periodo 2002-2005 [91][118]. Cabe destacar que, de acuerdo con Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDOS por sus siglas en inglés), con los PEIs y la simbiosis industrial se estaría contribuyendo a 7 de los 17 ODS: Igualdad de género; Agua limpia y saneamiento; Energía asequible y no contaminante; Trabajo decente y crecimiento; Industria, innovación e infraestructura; Ciudades y comunidades sostenibles y Producción y consumo responsables. De ahí nace entonces, desde el punto de vista utilitario en realidad, la necesidad de cooperación y colaboración entre las partes.

Para conseguir alcanzar los propósitos planteados por el principio de Desarrollo de la BEP, tal como propone la Misión de la Universidad de Chile¹³, es necesario de un esfuerzo cooperativo de las partes, una actitud de responsabilidad colectiva por sobre una actitud individualista, sobre todo teniendo en mente que situaciones globales como el Cambio Climático, frente al cual los proyectos ingenieriles debieran combatir de forma alineada, persiguiendo así mismo los ODS propuestos por la ONU. En ese sentido el trabajo aboga por que las empresas conlleven el mismo imperativo que si fueran ciudadanos, quiere decir, abogar por mitigar los efectos del Cambio Climático. Por lo tanto, siguiendo la línea que deja el concepto de “ciudadanía corporativa” es que se argumentará que las empresas deben aceptar su ciudadanía ecológica y trabajar juntas con otros actores en diseñar soluciones efectivas a los problemas globales como el Cambio Climático [119]. La ciudadanía ecológica reconfigura el compromiso por el combate al Cambio Climático de modo que la corporación

¿Cómo? La respuesta se encuentra en la simbiosis. De hecho, del mismo modo que la existencia y supervivencia de diferentes especies, incluso de reinos biológicos completos, ha sido posible gracias a la simbiosis, mediante esta misma cualidad, inherente dentro de la naturaleza, es que se podría llevar a otro nivel el combate al problema global del Cambio Climático, y la desigualdad inclusive. La simbiosis, la cooperación entre empresas e individuos, el compartimiento de información, infraestructura, hasta materia prima son vitales para superar crisis globales en que esté en juego el futuro de la humanidad. Sin embargo, estos conceptos desafían la lógica competitiva existente en la actualidad, aquella racionalidad dominante de mercado cuyo concepto de sociedad no escapa de solo individuos que compiten entre sí por la posesión de los recursos disponibles, usando las palabras de Hayek [120], principal elaborador del neoliberalismo, modelo económico hegemónico en el país¹⁴.

Se cree que la manera de contribuir al combate del Cambio Climático y, junto a ello, de otros problemas sociales, es a través de un nuevo principio cuya racionalidad sea diferente y vaya en dirección opuesta a la lógica individualista que existe en la actualidad. La ética de la cooperación, que será la racionalidad que estará detrás de un nuevo principio ético a agregar a la HAIN, estará enfocada en la simbiosis industrial y la colaboración e innovación sectorial como marco para el diseño e innovación de procesos, enfocados ahora en un nuevo tipo de economía: la Economía Circular. ¿En qué medida será aplicable este eje ético? ¿será compatible bajo las escasas políticas

¹³ "La generación, desarrollo, integración y comunicación del saber en todas las áreas del conocimiento y dominios de la cultura, constituyen la misión y el fundamento de las actividades de la Universidad, conforman la complejidad de su quehacer y orientan la educación que ella imparte" [94]

¹⁴ No se pretende ahondar en este aspecto ni tampoco argumentar en qué medida el neoliberalismo es, de hecho, el paradigma económico que rige en el país. Para lo anterior interesante son los trabajos del cientista político Carlos Huneeus [198] y también del economista Ricardo Ffrench-Davis [199].

públicas que incentivan la colaboración entre pares? Son preguntas que se pretenden discutir en el trabajo y aplicación de la herramienta en un caso, con el objetivo de conocer las fortalezas encontradas junto a los desafíos a los que se enfrentarán quienes adhieran a los contenidos presentes en la HAIN.

Se pueden entonces sintetizar los análisis ya realizados a la BEP según la Tabla 3, en donde se presentan aquellos aspectos que faltarían agregar o desagregar según el principio que corresponda.

Tabla 3: Síntesis de análisis de la BEP con lo que falta abordar en cada punto.

Principio de la BEP	Lo que faltaría agregar	Faltaría quitar
Reflexión Crítica	Principio Precautorio Mitigación y Adaptación al Cambio Climático	N/A
Integración Desarrollo Integral Desarrollo Equilibrado	Vulnerabilidad social y desigualdades de género	N/A
Desarrollo Sostenible	Economía Circular	N/A
Bien Común	Concepto de Ciudadanía	Concepto Nación
Cooperación (nuevo principio)	Cooperación	N/A

6. Tipos de decisiones: Decisiones operativas, tácticas y estratégicas

Las decisiones que se toman dentro de una empresa llevan consigo siempre un objetivo tal de cumplir con sus propios *Key Performance Indicator* (KPI), que se define como un indicador de desempeño en diferentes áreas como energía, materia prima, control y operación, mantenimiento, planeación, calidad de producto, inventario, seguridad, etc. Un listado específico de estas mediciones en cada actividad dentro de la industria química se encuentran en el trabajo de Lindberg et al. [121]. Ahora bien, la toma de decisiones en un proceso puede ser categorizada, de acuerdo con el horizonte de tiempo de la planeación, en tres: operacional, táctica y estratégica. Para definir las, conviene pensar primero en la estructura organizacional de la empresa química en cuestión en que se desempeña el ingeniero, pues las decisiones están ligadas según el cargo que tiene este dentro de ella.

Se verá a la empresa como una organización dividida en cuatro partes, tal como realizó Ng [122], jerarquizadas por nivel de importancia de las decisiones que toman: CEO, CTO, CFO y los miembros del directorio de la empresa se ubican en nivel corporativo; el vicepresidente corporativo y gerencia de marketing se ubican en el nivel de unidad de negocios; gerencia de planta y personal de operaciones en el nivel fábrica; directores químicos e ingenieros de Investigación y Desarrollo (I+D) en el nivel de laboratorio de I+D.

Como se mencionó en un principio, son tres los niveles de decisión que operan dentro de la cadena de suministros de la empresa:

- Una decisión estratégica se define como aquella que se toma para un horizonte largo de tiempo y que son de gran impacto, cuya escala se cuenta en años. De acuerdo con Heintz et al. [123], en estas decisiones se ven involucrados personal del nivel corporativo de la empresa, y se basa en estímulos provenientes del mundo de las finanzas, las políticas de la empresa, el modelo de negocios de esta misma, la opinión pública, la reputación online, etc. Se centra en el diseño de la cadena de suministros e implica determinar la configuración óptima de este, incluido el diseño de las plantas [12][124]. Ejemplos de estas decisiones involucran aquellas donde se definen el conjunto de ubicaciones donde se establecerán las instalaciones, las tecnologías de producción que se emplearán en cada instalación y la capacidad de cada planta. [125]
- Una decisión táctica se define como aquella que se toma para un horizonte de tiempo mediano, cuya escala varía de semanas a meses. De acuerdo con Heintz et al. [123], en estas decisiones se ve involucrada gente del nivel de unidad de negocios. Ejemplos de planificación a medio plazo en la industria incluyen a aquellas decisiones de compra, demanda prevista, niveles de producción, políticas de inventario, programación de mantenimiento, previsión de emisiones y estrategias de transporte [12]. En otras palabras, este tipo de problemas están dirigidos a optimizar la producción, almacenamiento y fuentes de distribución tal que satisfagan los requerimientos de mercado, considerando una infraestructura fija dentro de la cadena de suministros [126].
- Una decisión operativa se define como aquella que se toma para un horizonte corto de tiempo, cuya escala varía desde horas a días. De acuerdo con Heintz et al. [123] en estas

decisiones se involucra personal del nivel fábrica y del nivel I+D. Ejemplos de estas decisiones son la planificación a corto plazo (*scheduling*), tiempos de entrega, enrutamiento, carga de camiones, entre otras decisiones. En otras palabras, este tipo de problemas se dirigen a responder la pregunta de qué, cuándo, cómo y dónde operar [126].

La Figura 6 representa estos tres niveles jerárquicos de decisión y sus actividades dentro de una cadena de suministros:

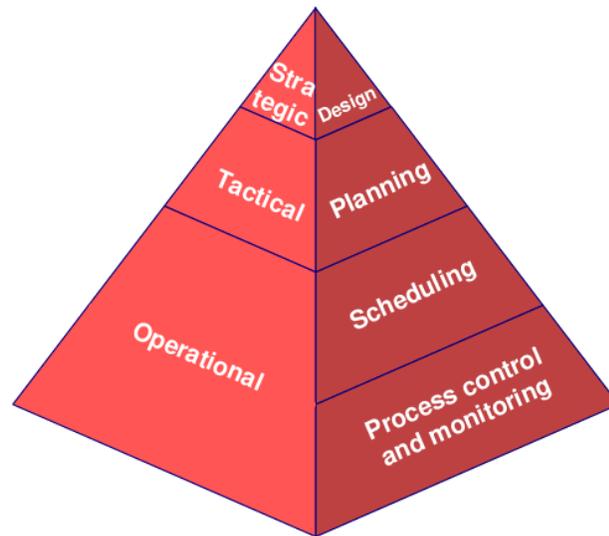


Figura 6: Niveles jerárquicos de decisión y su respectiva actividad en una cadena de suministros. [126]

Que la figura tenga forma de pirámide no es casualidad: existe una relación jerárquica entre las decisiones, de modo que interactúan entre ellas mismas para que haya coherencia entre las diferentes decisiones. Así, las decisiones operacionales están atadas a las tácticas en el sentido que estas deben cumplir con los objetivos de la producción impuestas por estas últimas, y así mismo las decisiones tácticas están enmarcadas en las decisiones estratégicas que se toman desde la directiva de la compañía, siendo esta última la que estructura la cadena de suministros completa. Por lo mismo es que tanto las decisiones tácticas como operativas quedan constreñidas por las decisiones estratégicas, y, por ende, en momentos en que hay que tomar una decisión existen límites hacia donde moverse. Esto constituye una cantidad de dilemas éticos importante respecto a los ingenieros de procesos, cuyas decisiones deben alinearse siempre con los objetivos principales de la administración de la cadena de suministro (SCM por sus siglas en inglés), que son: i) maximizar los retornos financieros y ii) alcanzar los niveles de satisfacción del consumidor [127]. Los ingenieros pueden verse muchas veces atados por decisiones que vienen desde “arriba”, y es por lo mismo que es su deber como profesional actuar de manera ética, y en caso de que entren en conflicto los intereses de la SCM con los intereses públicos o personales es que se debe actuar acorde a los principios que se establecerán en las respectivas BEP. Esto a pesar de que uno de los primeros principios que utilizan la mayoría de los códigos éticos es el de responsabilidad con el cliente al que se le prestan servicios.

Uno de los enfoques más comunes para modelar y optimizar los problemas de la SCM es mediante el modelamiento de programación lineal entera mixta (MILP por sus siglas en inglés),

considerando costos fijos (inversiones) y costos variables (fabricación, compra de bienes, costos de distribución e impuestos, entre otros costos). Generalmente son herramientas útiles para maximizar los retornos económicos mediante el valor presente neto, aunque ahora último también se han agregado a esta variables medio ambientales y sociales, como realizó Perez-Fortes et al. [128] para diseñar mediante un problema MILP una cadena de suministros regional y sustentable (i.e., decisión estratégica). En ese sentido también resulta interesante el trabajo de Fahimnia et al. [129] al desarrollar un modelamiento MINLP (programación no lineal entera mixta) de una planificación táctica de una cadena de suministros considerando un trade-off entre aspectos económicos y el impacto ambiental, introduciendo emisiones de carbono, consumo de energía y generación de desechos en el modelo propuesto. El trabajo de Boukherroub et al. [130] también da luz un modelo multi-objetivo para la planificación táctica, tomando en consideración variables económicas, ambientales y sociales.

Cabe destacar que, para modelar el impacto social, los autores antes mencionados se centraron únicamente en la creación y estabilidad de empleos mientras que para medir el impacto ambiental se centraron en las emisiones de GEI para las actividades. A partir de lo anterior surgen varias preguntas que conviene reflexionar. Respecto al aspecto social: ¿Aquellos aspectos sociales que involucra un proyecto son exclusivamente la fuerza laboral? ¿Es esta manera la única que se vea representada este ámbito?, y también es válido preguntarse respecto al aspecto medioambiental: ¿Involucran únicamente los impactos sobre los GEI de un proyecto? ¿Es esta la única manera de poder representar esta esfera? Probablemente las respuestas sean negativas, y por lo mismo la necesidad de reflexionar con mayor detención estos aspectos.

Se agregaron los ejemplos anteriores de modelamientos puesto que en primer lugar son indicios de que actualmente los aspectos sociales y ambientales están cada vez tomando más fuerza dentro de la toma de decisiones ingenieriles, y en segundo lugar porque permite ilustrar por qué una reflexión, proveniente desde las distintas HAIN según nivel de decisión, es necesaria. El trabajo que se realizará trabajo viene a cubrir una fase previa necesaria, una manera de mirar la realidad que es previa a la modelación, previa a la determinación de qué acción realizar. Es valioso este ejercicio puesto que se puede reflexionar sobre aquello que la modelación no va a incluir. Se presume en un principio que la solución entregada es *la solución*, única y óptima, pero la realidad es mucho más compleja. De ahí el aporte de la HAIN en tres niveles de decisiones se puede dividir en dos para estos casos: i) permitirá escoger qué variables recoger en la modelación, y ii) habrá cosas que se omitirán dentro de la modelación y habrá que tener certeza de eso, saber cuáles son los límites de este.

6.1. Características y desafíos de las decisiones operativas, tácticas y estratégicas

Conviene ahora resumir la serie de características que se desprenden de las definiciones antes dadas. La Tabla 4 las resume a continuación:

Tabla 4: Características de los niveles de decisión estratégica, táctica y operacional en ingeniería de acuerdo con 8 dimensiones diferentes. [131]

Característica	Nivel de decisión		
	Estratégicas	Tácticas	Operativas
Horizonte	Largo plazo	Mediano plazo	Corto plazo
Importancia	Alta	Media	Baja
Reversibilidad de la decisión	Baja	Media	Alta
Interacción con el medio	Alta	Media	Baja
Incertidumbre	Alta	Media	Baja
Grado de estructuración del problema	Baja	Media	Alta

La importancia de las decisiones está directamente ligada según el horizonte de tiempo en que la decisión va enmarcada y la reversibilidad de esta. Así, una decisión enmarcada en un horizonte largo de tiempo y de baja reversibilidad sería una decisión más importante, como las decisiones estratégicas, que una enmarcada en un horizonte corto de tiempo y que puede ser reversible, como las decisiones operativas. Por otro lado, la interacción con el medio habla de si la decisión va más orientada hacia el entorno, como el caso de las estratégicas, o más orientadas hacia la empresa, como el caso de las operativas. Finalmente, la incertidumbre de estas decisiones tiene directa relación con la frecuencia con que se toman este tipo de decisiones, pues mientras las decisiones operacionales se toman repetitivamente, los riesgos que involucran son menores (pero no por ello despreciables), las decisiones estratégicas, al no ser decisiones repetitivas conllevan también un alto riesgo. Por último, el grado de estructuración del problema está asociado a la estructuración de la metodología de resolución del problema. Así, para las decisiones operativas, son repetitivas justamente porque la lógica de resolución de los problemas generalmente sigue una estructura fija, al contrario de las decisiones estratégicas cuya estructura no es fija puesto que involucran demasiados factores a considerar.

Lo anterior no quita que puedan existir decisiones operativas complejas, que sean nuevas para el profesional a cargo, y que conlleve también una mayor interacción con el entorno. Tampoco el hecho que sean repetitivas o simples quita la existencia de riesgos en estas decisiones. Los riesgos son inevitables y gran parte de los accidentes ocurren por la subestimación de los problemas cuyas resoluciones fueron repetitivas y en apariencia simples. Sin embargo, conviene caracterizar las decisiones en un principio del modo antes hecho para dar una noción de la importancia e impacto de estas decisiones y así también encontrar los retos que se tendrán a la hora de la confección de las HAIN niveles táctico y operativo.

Uno de los desafíos es agregar dentro de las HAIN tácticas y operativas la interacción con el medio, sabiendo que es menor al existente dentro de la HAIN estratégica ideada por Richard Martínez. Es más fácil considerar el impacto en la sociedad y el medioambiente de un proyecto ingenieril en decisiones estratégicas que en decisiones tácticas y en decisiones operativas. Desde un principio para estas decisiones que la sociedad y la naturaleza se consideran dentro de los *stakeholders*, mientras que para las decisiones tácticas y operativas esta relación es menos directa, mas no inexistente como se pensaría en un principio. Cómo hacer una pregunta práctica que traiga reflexión entre sociedad, medioambiente e ingeniería ahí donde esta relación no es tan visible, como en las decisiones operativas y tácticas, es un desafío para este trabajo.

Otra cuestión a dar cuenta dentro de estas decisiones es el hecho que decisiones repetitivas conllevan a la acumulación de los efectos, en apariencia ligeros e imperceptibles en el entorno inmediato, pero que dentro de esta misma acumulación se hacen más y más graves para el entorno. Lo que Hans Jonas describe como el carácter acumulativo de la praxis técnica. Tal como dice el filósofo alemán, toda ética tradicional contaba únicamente con comportamientos no acumulativos, se pensaba que la situación básica del hombre ante el hombre, en la cual tiene que probarse la virtud y manifestarse el vicio, permanece invariable, pero ello no es así, la novedad que aparece con la técnica es que los efectos se suman, de tal modo que la situación posterior no es la misma para el agente que acomete la acción, sino que cambia progresivamente y es cada vez más producto de lo ya realizado [76]. Razonar sobre ello en decisiones en apariencia inocentes aparece como un trabajo fundamental dentro de las dimensiones operativas y tácticas de las decisiones.

A raíz de lo anterior, viendo que son tan diferentes los alcances entre los distintos tipos de decisiones es que se ha tomado la decisión de realizar otra Base Ética Propuesta, para decisiones tácticas y para decisiones operativas, y se actualizará la Base Ética Propuesta para la HAIN nivel estratégico. Se argumentará que debido a que las decisiones tácticas como operativas cubren temas similares es que estas utilizarán la misma BEP, pero contarán con diferentes preguntas para sus HAIN respectivas.

7. Herramienta de Análisis Integral para decisiones estratégicas

7.1. Actualización de BEP [10] para nivel estratégico

Como bien se vio del análisis realizado anteriormente, es necesario realizar actualizaciones a los principios éticos de la BEP, ideada por Richard Martínez y del cual se desprende la HAIN. Esta está redactada en el apartado de Antecedentes en el presente trabajo. A continuación, se presentará una tabla en la cual se mostrará la propuesta de actualización para los principios éticos involucrados:

Tabla 5: Actualización de la Base Ética Propuesta existente para la HAIN de decisiones de nivel estratégico.

Principio Ético	Propuesta de actualización
Consciencia Social	<p>Este principio se mantiene pues pone de manifiesto una de las condiciones de la justicia como imparcialidad, y este es el hecho de aplicar el velo de la ignorancia al ponerse en el lugar de los afectados por la decisión, particularmente de los que salen perjudicados por esta (si es que existieren). Además se busca que el profesional aplique la empatía hacia aquellas comunidades más afectadas, que como se mencionó anteriormente, es menester en la actividad.</p> <p>La pregunta es: ¿Realizaría este proyecto si fuese parte de la comunidad afectada?</p>
Reflexión Crítica	<p>Se agrega el siguiente párrafo:</p> <p>“El Cambio Climático ha demostrado ser fuente de muchos impactos negativos, muchos inesperados para la sociedad. En el caso de la ingeniería, es fundamental mantener una conducta cuyo propósito sea el de promover la seguridad y bienestar del público, sobre todo de los más vulnerables a los desastres derivados de este fenómeno climático. Para combatirlo es que muchos organismos indican que existe una necesidad imperiosa para los países, organismos públicos y privados, tener estrategias de mitigación y adaptación al Cambio Climático. La mitigación se define como “una intervención humana para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI)”, mientras que la adaptación se define como el “proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos” [91]. Para reflexionar sobre la estrategia de mitigación corresponde primero pensar sobre la contribución del proyecto al Cambio Climático, en particular respecto a sus emisiones de GEI, y para una correcta adaptación es importante analizar cómo el</p>

clima presente o futuro afectará a la sociedad y al proyecto.

Además, dada la importancia que tiene el cuidado del medio ambiente para combatir el Cambio Climático, en caso de que hipotéticamente existan riesgos severos o irreversibles, es decir, cuando se pone en riesgo la vida y salud humana, recursos vitales (agua, tierra, aire), preservación de especies, el clima y el balance del ecosistema, entonces la falta de certeza científica no debe ser condición para postergar la adopción de medidas efectivas para la prevención de estos daños y la disminución de los riesgos a un nivel “tan bajo como razonablemente pueda ser”. El umbral de riesgo tolerable, a falta de evidencia científica, debe ser determinado en un proceso en que se pongan en consideración los intereses de las partes afectadas, de manera que sea un proceso democrático.”

Se modifica la pregunta ligeramente a “¿Cuáles son las consecuencias del proyecto? ¿Cómo contribuyen al Cambio Climático? ¿Qué precauciones se tienen que tomar? ¿Qué medidas se pueden adoptar de mitigación y adaptación al Cambio Climático?”

Integración

Se agrega el siguiente párrafo:

“Los diferentes tipos de desigualdades existentes dentro de la sociedad han demostrado ser uno de los mayores problemas a combatir dentro del presente siglo. Desigualdades que pasan por la clase social, el género, la edad, la raza, la etnia, la orientación sexual, etc. son factores importantes que considerar. Por lo tanto, dados los impactos que tiene la ingeniería dentro de la sociedad es que uno de los objetivos que tiene es la de no perpetuarla e incluso erradicarla en lo posible, persiguiendo así uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) [41]. Por lo anterior es que este principio busca que la ingeniería pueda hacerse cargo de esta labor, procurando tener especial consideración por las necesidades de aquellos sectores, comunidades o grupos sociales más vulnerables.

Siguiendo los planteamientos de la CEPAL, la mayor o menor vulnerabilidad está directamente asociada al mayor o menor control que ejercen los individuos y las familias sobre recursos o activos de diferente tipo, cuya movilización permite aprovechar las estructuras de oportunidades existentes en un momento dado, sea para elevar el nivel de bienestar o para mantenerlo ante situaciones que lo amenazan. Entre los riesgos se encuentran hechos como el desempleo, problemas graves de salud, la pérdida de reservas del capital físico, el endeudamiento a tasas de interés formales o informales muy altas y la pérdida del lugar de residencia por no poder pagar cuotas de propiedad o alquileres, entre otros [132].

El Cambio Climático no está exento de estas desigualdades, siendo sus

efectos, de acuerdo a la UNESCO, más perjudiciales para los más vulnerables, que, incluyen, entre otros colectivos, a las personas desplazadas y migrantes, las poblaciones indígenas, las comunidades locales, las personas con discapacidad, los ancianos, los jóvenes y los niños, teniendo en cuenta la equidad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional [89]. De ahí entonces la necesidad de integrar tanto una perspectiva de género como las necesidades de los más vulnerables dentro de la ingeniería”.

Dado que uno de los propósitos de este principio es el de identificar las partes interesadas, entonces se agrega la pregunta: “¿es posible reconocer algún grupo que, dada su composición en cuanto a género o clase social, sea más vulnerable que los demás?”

Creatividad

Este principio se mantiene debido a que lo que apunta es plantear soluciones alternativas al proyecto en cuestionamiento, que vayan acordes a la BEP, y, acorde a este trabajo, la pregunta está bien planteada y se entiende.

Las preguntas se mantienen, aunque se replantea ligeramente: “¿Qué soluciones alternativas podrían efectuarse? ¿Hay efectos no previstos?”

Desarrollo Integral

Se modifica según el siguiente párrafo:

“Referido a buscar incluir a todos los grupos sociales en la toma de decisiones, prestando especial atención por aquellos grupos vulnerables, de acuerdo con las definiciones entregadas en el punto 2.1 de Integración. Cuando se habla de equidad, ya sea de género o de manera más general, lo que se busca es eliminar por un lado la desigualdad social y por otro el irrespeto de la diferencia [133]. Además, es parte de las responsabilidades del ingeniero informar al público sobre los efectos de las tecnologías que son desarrolladas y usadas en el proyecto, y dar consejos sobre los cambios que son requeridos y comenzar así el debate público [83].”

En este principio, a la pregunta cambia ligeramente a “¿se incluye e informa en la toma de decisiones a todos los grupos sociales de manera equitativa, teniendo especial consideración por aquellos grupos vulnerables?”

Desarrollo Equilibrado

Se agrega el siguiente párrafo:

“En la misma línea descrita en el punto 2.1 de Integración y en el punto 3.1.1 Desarrollo Integral, se entenderá por aporte balanceado como aquel realizado con equidad y justicia, tal como plantea uno de los principios de la UNESCO en su *Declaración de Principios Éticos en relación con el Cambio Climático* [89], teniendo especial consideración por aquellas comunidades que, debido a su composición en género o clase

social, son estructuralmente más vulnerables en un principio. De este modo, ambos factores, los socioeconómicos y los de género, deben ser estudiados a la hora de reflexionar sobre este punto”

Se modifica ligeramente la pregunta a la siguiente: “¿Se aporta de manera balanceada y equitativa a todos los grupos sociales, teniendo especial consideración por aquellos grupos vulnerables?”

**Desarrollo
Sostenible**

Se modifica según lo siguiente:

“El compromiso de la ingeniería con el desarrollo sostenible es también un compromiso con el medioambiente y la sociedad. La búsqueda del desarrollo por parte de la ingeniería no debe comprometer el desarrollo de las generaciones futuras, atendiendo así a los planteamientos de Hans Jonas en el texto *El principio de la responsabilidad, Ensayo de una ética para la civilización* [76]. Para conseguir tales efectos requiere que los proyectos de ingeniería tengan un rol activo que vayan más allá de minimizar la contaminación aumentando la productividad, como actualmente se ha entendido por desarrollo sostenible: si bien se han logrado avances importantes mejorando la eficiencia de los recursos y procesos, todo sistema basado en el consumo en lugar del uso restaurativo de los recursos conlleva a pérdidas significativas a lo largo de la cadena de valor [46].

Para lo anterior es que la noción de Economía Circular (EC) se ha posicionado tanto nacional como internacionalmente como una posible solución al problema de la sustentabilidad, sobre todo en el contexto de crisis climática existente en la actualidad, integrando aspectos económicos junto a ambientales, ofreciéndose como alternativa sostenible a la economía lineal imperante en el modelo económico de la sociedad. Pero no todas las formas de aplicar la Economía Circular son ambientalmente favorables, así es que para que la EC sea eficientemente aplicada los ciclos deben ser lo más pequeños y lentos posibles, es decir, deben acortarse las distancias de transporte de recursos y diseñados para pocas etapas, y los productos deben ser construidos para una larga duración y reutilización para evitar pérdidas de material. Se debe, para ello, seguir las siguientes disposiciones: (i) reduzca en lo posible el uso materia prima y la cantidad de desechos producidos, (ii) diseñe sus productos para que tengan una larga vida útil y para que puedan ser reusados, reparados, remanufacturados y reciclados, y, de no ser esto posible, que puedan ser biodegradados de manera rápida al final de su vida útil, (iii) no consuma materia prima virgen si es posible obtenerla de reciclaje, como tampoco consuma energía de fuentes no renovables si puede obtenerla de fuentes renovables o del reciclaje de energía.”

Por esto es que se propone agregar la siguiente pregunta a la ya existente en este principio, para guiar la reflexión ingenieril, tal que los

proyectos vayan enfocados en la dirección hacia una EC: “¿Cómo se pueden obtener los recursos, gestionar los desechos y diseñar los productos de manera circular y favorable social y ambientalmente?”

Bien Común

Se cambia la segunda frase, desde “Además, de acuerdo con lo planteado por la Misión de la Universidad de Chile, [...]”, por lo siguiente:

“Para propender al bien común la ingeniería debe atender a la ciudadanía, procurando crear comunidades felices, sanas, prosperas y sustentables, inspirándose siempre en los valores democráticos y el resguardo y enriquecimiento del acervo cultural nacional, ya sea local, indígena o tradicional, y universal.”

En la pregunta asociada se agregará el concepto bienestar junto al de riqueza social, puesto que el concepto de riqueza está asociado al Producto Interno Bruto (PIB), lo cual no necesariamente está en justa relación con el bienestar, bien es sabido que países más ricos y avanzados tecnológicamente no son necesariamente los más felices [134]. Junto con el crecimiento económico, es necesario medir el bienestar y la sostenibilidad ecológica para reflejar el progreso general de las naciones y la humanidad [135].

Se modifica ligeramente la pregunta según lo siguiente: “¿Cómo se afecta a la generación y distribución de riquezas sociales y bienestar?”

Cooperación

“Los esfuerzos colectivos de todos los niveles en la búsqueda de limitar el calentamiento global a 1,5 °C, teniendo en cuenta la equidad y la efectividad, pueden facilitar el fortalecimiento de la respuesta global al Cambio Climático, lograr un desarrollo sostenible y erradicar la pobreza [13]. Además, para establecer un sistema circular a gran escala la colaboración eficaz entre cadenas y entre sectores industriales es fundamental, y así lo reconoce la Fundación Ellen MacArthur [46]. Entonces, dado que dentro de las labores de la ingeniería están los principios de lograr un Desarrollo Sostenible, se sigue que la cooperación es un valor importante que perseguir. Ejemplos de prácticas industriales, como la simbiosis y el desarrollo conjunto de productos y de manejo de infraestructura, facilitadas por la transparencia proporcionada por la informática, el intercambio público de información, estándares sectoriales, entre otros, pueden facilitar la creación de plataformas colaborativas.

Este principio se puede representar como: ¿Puede el proyecto cooperar con algún otro, ya sea en el presente o a futuro, bajo una cultura sustentable¹⁵?”

¹⁵ Se entenderá por cultura sustentable como aquella cultura cuyas ideas se basan en los principios del Desarrollo Sostenible, definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las

En el Anexo 2: Base Ética Propuesta Estratégica se presenta la BEP completa y actualizada.

7.2. Actualización de HAIN [10] para nivel estratégico

Con lo anterior ya definido, se introducen ahora las preguntas actualizadas de la HAIN que acompañarán la Evaluación de Proyectos en cada una de sus fases, según lo presentado en la Figura 7. Siguiendo la propuesta Martínez, cada proyecto deberá buscar una respuesta a cada una de las preguntas, siguiendo el orden que se muestra en la Figura 7, esto es, primero responder a la Conciencia Social, luego a la pregunta de Reflexión Crítica y así sucesivamente. Se recalca nuevamente que la intención de esta herramienta no es de ser respondida algorítmicamente, quiere decir, con respuestas tipo SÍ/NO, sino más bien guiar la reflexión en términos éticos del equipo de profesionales a cargo del proyecto.

Conviene también decir que se requiere que los profesionales o el/la profesional a cargo comprendan la Base Ética Propuesta que hay detrás de esta herramienta, pues sin ella cabe la posibilidad de que la reflexión este mal encaminada. Citando a Ramírez Rivas, “es de suma importancia conocer y decidir los valores y fines que esa misma profesión [ingeniería] se imponga” [136]. Por dar un ejemplo, el profesional utilizando la herramienta se puede preguntar por los detalles del principio precautorio, por qué la consideración por grupos vulnerables, a qué se refiere con vulnerabilidad, o a qué se refiere cuando dice “de manera circular y restaurativa”, etc. y que son respuestas que pueden ser respondidas dentro de la BEP. Por lo mismo es que el paso previo a responder las preguntas es conocer la base ética, para que estas reflexiones estén enmarcadas en las propuestas plasmadas en esta.

Se destacan las actualizaciones generadas en los ítems de *Reflexión Crítica* para integrar una mirada con objeto en la mitigación y adaptación al Cambio Climático, *Integración* para identificar a los grupos vulnerables socialmente, de *Desarrollo*, sea este *Integral, Equilibrado o Sostenible*, al hablar de consideración con estos grupos vulnerables y de Economía Circular, según los principios surgidos por el Cambio Climático. Y, por último, el nuevo principio de *Cooperación*, que reconoce la necesidad de integrar la simbiosis como punto necesario para lograr una mayor sustentabilidad en el proceso involucrado, ya sea ocupando los residuos de un proceso o enviar los propios a otra empresa para ser tratados. Para ver la HAIN anterior y realizar un mejor contraste entre ambas conviene revisar Figura 2.

generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades [200].

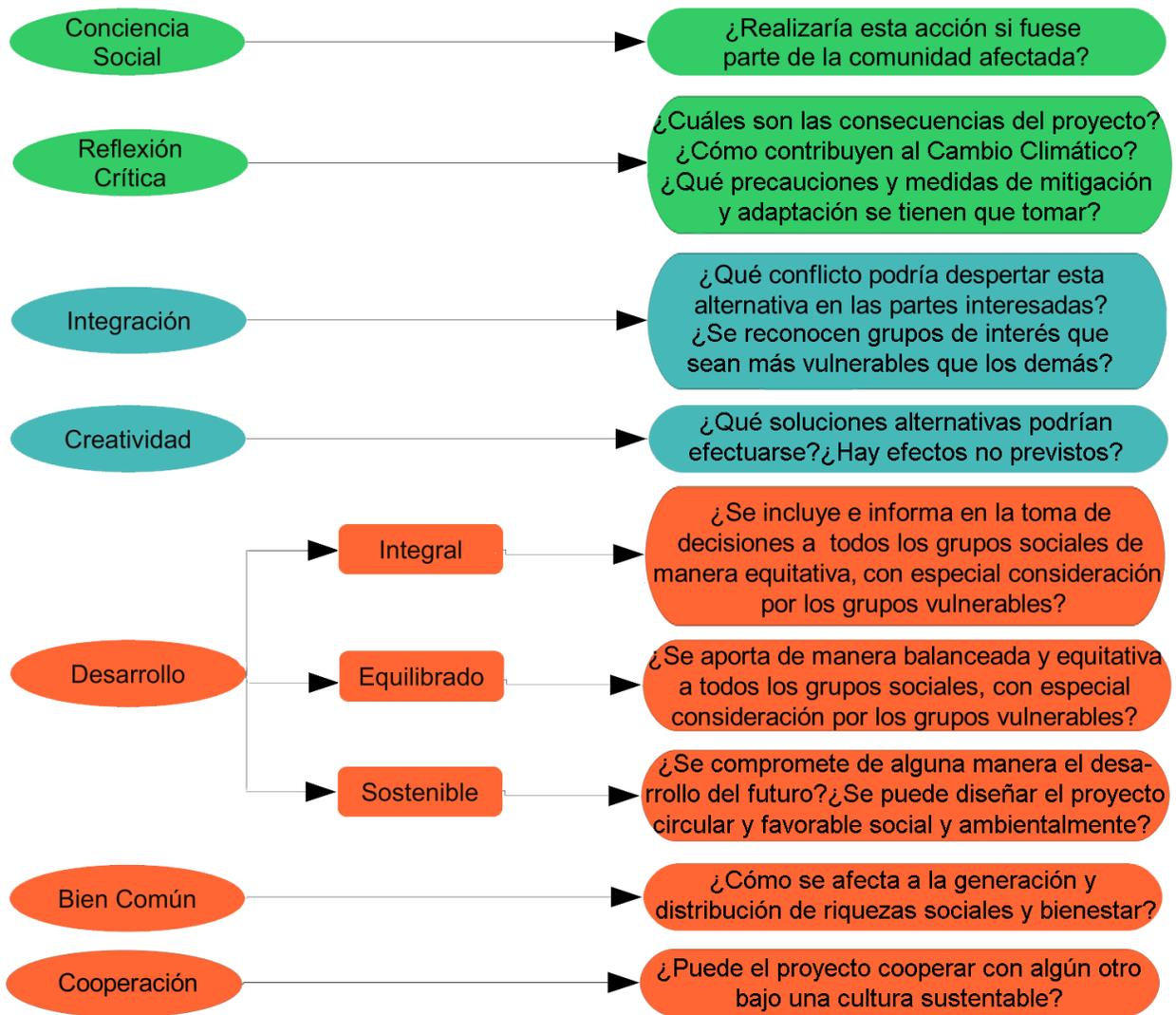


Figura 7: Representación gráfica de la Herramienta de Análisis Integral, actualizada.

8. Herramienta de Análisis Integral para decisiones tácticas y operativas

8.1. BEP para nivel táctico y operativo

¿Cuándo se quiebra la ética profesional en decisiones cotidianas?, ¿qué es un dilema ético en los niveles táctico y operativo? Estas preguntas están en la base del desarrollo de una base ética para las decisiones profesionales tácticas y operativas. En primer lugar, como dice Cortina, “al ingresar a una profesión, el profesional se compromete a perseguir las metas de esa actividad social, sean cuales fueren sus motivos privados para incorporarse a ella. (...) Cuando los motivos desplazan a las razones, cuando la arbitrariedad impera sobre los argumentos legítimos, se corrompe una profesión” [137]. Es eso lo que se intentará evitar en todo tipo de decisiones mediante las herramientas que se propondrán, pero para esto hay que determinar en primer lugar la meta de la ingeniería química, la cual se define en el principio de Compromiso dentro de la HAIN, la que dice que el ejercicio de la ingeniería debe estar comprometido con el bien común, y el desarrollo integral, equilibrado y sostenible del país [10]. Claramente, para las decisiones operativas como tácticas se hace difícil identificar cómo la acción puede afectar a largo plazo para alcanzar aquellas metas que la ingeniería se compromete, pero para eso conviene hacer preguntas guías que enderecen el camino seguido por el o la ingeniera a cargo de tomar decisiones.

El problema de la ética nace de las incertidumbres, por lo que la pregunta que surge es ¿cómo afrontarlas? Para las decisiones operativas (y tácticas en cierto grado) lo positivo de los actos derivados de estas decisiones radica en que la incertidumbre de la consecuencia es menor que para una decisión estratégica, tal como se mostró en la Tabla 4. Sin embargo, esto no quiere decir que no exista incertidumbre en la decisión. Para solucionar el problema de la consecuencias de la acción de un sujeto, en este caso el profesional de la ingeniería a cargo de tomar la decisión, conviene hablar de la ecología de la acción, que se refiere a que los efectos de la acción dependen no solamente de las intenciones del actor, sino también de las condiciones propias del medio en el que tiene lugar [138]. Saber estudiar el medio en que se toma la decisión, saber determinar el lugar, y por tanto el poder que se toma dentro de la cadena jerárquica de una empresa, las diferencias y desigualdades preexistentes entre los involucrados en una decisión, etc. son varios de los aspectos a considerar a la hora de tomar una decisión, sea esta operativa o táctica.

Hablando ahora del problema o conflicto ético, se puede decir que este surge cuando se imponen dos deberes antagonistas [138], y este dilema muchas veces es invisibilizado, sobre todo cuando se piensa erróneamente que este ya se resolvió porque se está actuando en el marco de la ley. Ejemplo de ello, se puede analizar el dilema que provoca una decisión táctica de disminuir costos en la producción, disminuyendo incluso el precio hacia los consumidores, pero a costa de una preocupación menos exigente hacia el medioambiente aunque dentro del marco legal. Muchas veces las decisiones correctas no son tan obvias, y también existe la posibilidad de caer en las derivas y extravíos éticos, quiere decir, la degradación moral producto del autoengaño o producto de la obediencia acrítica a la autoridad a cargo, dejando de reflexionar sobre las decisiones, sean estas tácticas u operativas. De ahí la radical importancia de estar constantemente sometido a cuestionamientos internos sobre las decisiones que cotidianamente se toman, en el caso de las decisiones operativas, y también a las no tan cotidianas como en las decisiones del tipo tácticas.

Es importante destacar al estar haciendo esta tarea, resolviendo la incertidumbre, también se tiene el deber de hacer una apuesta ética, que como dice Morín, corresponde a: “el examen del contexto donde debe efectuarse la acción, el conocimiento de la ecología de la acción, el reconocimiento de las incertidumbres y las ilusiones éticas, la práctica del autoexamen, la elección reflexionada de una decisión, la consciencia de la apuesta que comporta” [138]. Ahora bien, cuando no hay solución ética a un problema sin duda hay que evitar lo peor, y para evitar lo peor hay que recurrir a una estrategia [138]. Y, dado que se obedece una pluralidad de valores es que en muchos casos conviene hacer una priorización de valores, y luego allí hacer la apuesta. Por ejemplo, es probable que en muchos casos el valor de cuidado del medioambiente haga poner este sobre el valor de disminuir costos de producción y con los consiguientes beneficios hacia los consumidores, mas la idea tampoco es romper con este último objetivo en todo lugar, sino que de algún modo hacer un balance con el objetivo de cumplir con cada uno de los valores, la necesidad de formular una estrategia. De hecho, se diría que muchas innovaciones vienen de resolver una contradicción como la anterior. No solo se tienen dos caminos: hay otros que por lo general no se ven a simple vista. Para el ejemplo anterior, estas soluciones pueden compatibilizar el cuidado del medio ambiente y el beneficio para los seres humanos. Estas soluciones aparecen solo si se problematiza correctamente, de ahí nace el valor de reflexionar.

Cabe destacar que es imposible deshacerse de la incertidumbre porque es inherente a la ecología de la acción, y que no hay solamente incertidumbre, sino que también complejidad. Por un lado, está la ética no compleja, aquella que obedece un código binario, bien/mal, justo/injusto, y por otro, la ética compleja, que va más allá asumiendo que el bien puede contener un mal y el mal un bien, lo justo lo injusto y lo injusto lo justo. Justamente es a esos casos, donde existe complejidad e incertidumbre en la decisión, donde más conviene realizar una detenida reflexión y luego la apuesta. Las preguntas guía de la reflexión, al igual que para la HAIN creada por Martínez, nacerán de una BEP donde se plasman los valores éticos que son muy necesarios tanto para decisiones tácticas como operativas.

Para la confección de las BEP se estudiaron los casos éticos presentados durante las entrevistas realizadas (ver Anexo 3: Entrevistas realizadas), en que, de acuerdo con el Consentimiento Informado, se mantiene el anonimato de la persona entrevistada, como también se censuraron nombres de empresas y/o personas participantes del dilema o conflicto ético estudiado. De estas se obtuvo la tabla presentada en Anexo 4: Valores en conflicto dados en entrevistas. Así se concluyó que aquellos valores relacionados a la Igualdad y respeto en el trato fueron los que más entraban en conflicto directo, según los casos presentados (19 casos). Luego, le sigue Honestidad e Integridad (10 casos), Respeto por la vida, la ley y los bienes públicos (9 casos), Liderazgo y comunicación (8 casos) y por último Precisión y Rigor (4 casos)¹⁶. De lo anterior no puede concluirse que en el país se de en esas proporciones los dilemas éticos, ni que haya que tener menos preocupación por conflictos relacionados a Precisión y Rigor porque se dan en menor magnitud. También conviene recordar que los dilemas éticos entran en conflicto directo con ciertos valores, pero también indirectamente con otros, que no son necesariamente visibles inmediatamente. Así, por ejemplo, se mostrará que el conflicto de no respetar el acuerdo de aumento de producción según un error en la demanda corresponde a conflictos principalmente relacionados a Comunicación y a

¹⁶ Las categorías de valores éticos presentados son aquellos entregados por la RAEng [79] con la adición de los valores de Igualdad y respeto en el trato, pues, a juicio del autor, estos valores no estaba tan visibles en aquellos entregados por la RAEng.

Respeto en el trato, pero conlleva indirectamente a que se consuman más recursos naturales.

Cabe mencionar que existirán similitudes entre la BEP operativa y táctica con la BEP para decisiones estratégicas, o también principios que fueron unidos en uno solo para dar una menor cantidad de preguntas a responder. Habrá de igual modo diferencias entre cada HAIN, dados los distantes alcances que tiene cada tipo de decisión. A lo que se desea apuntar es que no existan contradicciones entre la BEP estratégica y la BEP operativa y táctica. Como dice Martínez, el principal objetivo de la BEP es permitir el correcto ejercicio de la ingeniería, lo que significa que, en todo ámbito de cosas, los ingenieros realicen su trabajo bien [10], o mejor, aspiren a hacer bien su trabajo. ¿Cómo? Recordando cuáles son sus fines legítimos y qué hábitos es preciso desarrollar para alcanzarlos. Esos hábitos son los que Cortina llama virtudes [137].

Se construirá una BEP tanto para las decisiones tácticas como las decisiones operativas dado que, según un análisis de los casos presentados, en que se dieron tanto casos de decisiones estratégicas, tácticas y operativas, estas últimas dos decisiones tratan de temas comunes, en que se involucra de un gran modo el ambiente interno de la empresa, aunque con diferencias en el nivel de impacto en este. Respecto a las particularidades de las decisiones tácticas, estas serán tratadas con preguntas adicionales por lo que habrá algunas diferencias entre las HAIN táctica y operativa. Los principios planteados en esta BEP se basan en gran manera en los casos presentados en las entrevistas, en la BEP de la HAIN estratégica y en los casos formulados en la guía ética para ingenieros de la RAEng [83], en donde se presentan en total 18 casos, con algunos de ellos perfectamente homologables a decisiones cotidianas que toman profesionales de la ingeniería química en Chile. El proceso de construcción se detalla en el Anexo 5: Proceso de generación de HAIN Táctica y Operativa

Conviene ahora aclarar un par de puntos antes de abordar la totalidad de la BEP. Primero, hay que dejar en claro las diferencias entre lo legal y lo ético, que no son fáciles de reconocer muchas veces. Tal como postulan muchos teóricos de la ética profesional, las leyes establecen un estándar mínimo para los comportamientos y son legalmente exigibles. Por el contrario, la ética establece estándares para los comportamientos buenos más que simplemente mínimamente aceptables, y podría no ser legalmente exigible [3]. De hecho, tal como dice Adela Cortina: 1) no basta con respetar la legalidad, 2) ni siquiera con respetar la conciencia moral alcanzada por una sociedad, sino que 3) es preciso averiguar qué valores y derechos han de ser racionalmente respetados, tarea de la que se encarga la ética [139]. Por estas mismas razones es que lo legal no será abordado explícitamente en la HAIN porque justamente no es lo reflexionable, lo normativo no habla necesariamente sobre las consecuencias de un acto, y por lo mismo, al ser un mínimo común, no debe ser para nada una salida a un conflicto ético. Cortina ya hablaba sobre la importancia de la adaptación y la creatividad en la resolución de problemas, pues de lo que se trata no es de ser seres autómatas que eligen siempre los mismos medios (los legales en este caso), sino de usar la imaginación para alcanzar mejor los fines que dan sentido a una elección adaptándose a los cambios sociales y técnicos [139].

Segundo, el punto sobre la objetividad y racionalidad, que muchos códigos éticos exigen al ingeniero a la hora de tomar decisiones, debe ser revisado. En este trabajo se adoptará la visión del biólogo Humberto Maturana [140] respecto a estos dos aspectos, que tienen que ver con la forma que tienen las personas para responder la pregunta acerca de lo que es la realidad. De acuerdo con Maturana existen dos caminos para abordar la objetividad como caminos explicativos de la

realidad: la *objetividad trascendental* o *sin paréntesis* y la *objetividad constitutiva* o *entre paréntesis*. En el primero de estos caminos se asume que la existencia tiene lugar con independencia de lo que el observador hace, que las cosas existen independientemente del conocimiento o la posibilidad de conocimiento que de ellas pueda tener un observador a través de la percepción o de la razón, lo que implica que se asume la existencia de un único universo. Es este camino el que impera comúnmente en las formas de relacionarse de las personas cuando exigen obediencia, cuando lo que pasa con la objetividad es que en realidad es un camino racional y parcial, pero se invisibiliza esto último. La propia argumentación objetiva olvida que puede haber muchas cosas que le resultan invisibles y asume que lo que ve es toda la verdad.

El segundo de estos caminos, el de la *objetividad entre paréntesis*, el observador se acepta como ser viviente en el que sus habilidades de pensar ocurren como fenómenos biológicos y para quien resultará imposible distinguir entre percepción e ilusión. De lo anterior Maturana concluye que un observador no tiene bases para hacer cualquier declaración o afirmación respecto de objetos, entidades o relaciones, como si estas existieran con independencia de lo que él o ella hace. Es el observador el que construye la realidad. De este modo, en este camino no hay búsqueda de una única explicación última para todo, no existe una única verdad, por lo que en caso de que existan disensos no implica que exista un conflicto, sino que las personas simplemente están bajo formas de pensar. Se vive en universos distintos, pero igualmente legítimos (algunos no necesariamente deseables) y un desacuerdo es una invitación a la reflexión responsable entre los dialogantes, y no una negación, una demanda de obediencia del otro, como en el caso anterior. Maturana entonces invita, mediante la *objetividad entre paréntesis*, a repensar la manera de pensar que tienen los seres humanos, a reflexionar sobre el propio conocimiento e interacciones entre las personas.

¿Por qué podría cuestionarse la objetividad a la que llaman algunos códigos de ética? Porque puede ser malinterpretado según la concepción que se tiene sobre la objetividad, como forma de posesión de la verdad, algo muy fortalecido en la formación de la ingeniería¹⁷. Si se opta por el camino de la *objetividad sin paréntesis*, que es el que generalmente se toma para obligar a los demás, se reconoce que el observador tiene un acceso privilegiado al universo, por lo que se considera al observador como un ente con la autoridad necesaria para demandar obediencia del otro. Este camino no es el ideal pues no se puede negar la condición biológica que tienen las personas como observadoras, tampoco se deben obviar las parcialidades que poseen los seres humanos a la hora de analizar la realidad, sin tomar el peso que tienen las emociones en el juego explicativo de la realidad. Existen varios dominios de realidad y todos son igual de legítimos, y ante situaciones de desacuerdos, o en realidad, en toda situación que involucre una interacción, corresponde al observador realizar una invitación y no una obligación de habitar ambos el mismo dominio de realidad, en la misma forma de pensar. Seducir al otro, y consensuar, fundado esto en la emoción del amor, entendido este último como la forma mediante la cual los seres vivos coordinan sus acciones de modo de lograr la aceptación mutua. Será esta emoción que, en conjunto a los saberes de la ingeniería hasta el momento, los que invitarán a las partes realizar consensos sobre las decisiones.

¹⁷ Analizando varios los códigos de ética, es notorio que en la gran mayoría de ellos existe un apartado que habla de la necesidad de mantener una actitud objetiva en los razonamientos. Así, por ejemplo, el código de ética del Colegio de Ingenieros de Chile habla de “Los ingenieros deben asegurarse que sus declaraciones sean siempre objetivas y veraces” [201]. Si bien no se pone en duda la necesidad de impecabilidad en la gestión, si se cuestiona la forma de interpretación que se le da a tal concepto.

Tercero, la justicia debe tener una definición previa, para no llevar a malentendidos. No se pretende realizar un análisis histórico de los debates sobre justicia pues este no es el alcance del trabajo, y este se guiará principalmente por el concepto de *justicia como imparcialidad*, propuesto por el filósofo John Rawls [106]. El concepto de justicia o ser justos refiere a no realizar distinciones arbitrarias entre las personas al asignarles deberes y derechos básicos y cuando las reglas determinan un equilibrio debido entre pretensiones competitivas a las ventajas de la vida social. Se puede estar de acuerdo con este concepto pues, como Rawls dice, tanto distinciones arbitrarias y equilibrio debido están abiertas a interpretaciones según el principio de justicia que se adopte. Ahora bien, ¿qué sería la *justicia como imparcialidad*? Esta será entendida como los principios que las personas libres y racionales interesadas en promover sus propios intereses aceptarían en una posición inicial de igualdad. La posición original de igualdad corresponde al estado de naturaleza en la teoría tradicional del contrato social, donde nadie sabe cuál es su lugar en la sociedad, su posición, clase o estatus social; nadie tampoco sabe cuál es su suerte en la distribución de ventajas y capacidades naturales, su inteligencia su fortaleza, etc. es decir, actúan bajo un velo de la ignorancia [106]. Este es modo que se cree necesario para alcanzar la justicia en su variante imparcial.

Por último, para la configuración de esta BEP se tomó en consideración como fin de la ingeniería el Bien Común, siguiendo así lo planteado por Martínez. Para esta metas intermedias, que corresponden a las decisiones operativas y tácticas, del mismo modo que para la BEP estratégica, se definen valores que siguen:

1. *Justificación*

Es necesario que toda tarea a realizar sea justificada, quiere decir, conforme a la justicia y a la razón. Con esto lo que se busca es que el ingeniero o ingeniera sea capaz de reflexionar y cuestionar la tarea encomendada, de manera que prime la razón analizando la necesidad de esta, además de pensar en lo justo de la actividad en cuestión. La justificación de una decisión se basará en la legitimación, entendiendo esta como fuente para decir que algo es correcto. Lo legítimo no se reduce a lo legal, sino más bien implica que necesariamente ha de ser válido moralmente para el conjunto de stakeholders, yendo incluso más allá de lo legalmente aceptable.

Siempre debe primar la razón y el sentido común, teniendo en mente que el piso mínimo moral que nunca hay que abandonar son los Derechos Humanos. Se apela de este modo a que, en caso de que la tarea no esté justificada, el o la ingeniero a cargo busque alternativas, desarrolle su capacidad de inventiva, de ingenio, de innovación, acorde al perfil de egreso de la FCFM [141] y la BEP de Martínez [10].

La pregunta sugerida para este principio es: ¿cuáles son las razones para tomar la decisión? ¿son justas?

2. *Precisión y rigor*

2.1. *Aptitud*

La aptitud se define como la “capacidad para operar competentemente en una determinada actividad” [142]. Este punto se resume como que los profesionales de la ingeniería tienen el deber de asegurar que ellos adquieren y usan sabia y fielmente el conocimiento que es relevante para las

habilidades ingenieriles necesitadas en su trabajo en servicio de otros [83]. Es importante reconocer si se tienen las habilidades y capacidades al día para tratar con la tarea encomendada, sean estas las habilidades del profesional mismo o de colegas profesionales con la misma tarea, donde prime un espíritu de colaboración entre pares por sobre la competencia. El conocimiento, ya sea en la forma de conocimiento teórico y experiencial, es fundamental en la concreción de la labor a asumir, y en momentos donde, mediante la autoevaluación, el profesional se da cuenta que no posee los conocimientos necesarios, entonces se debe pedir asistencia de alguien competente. La competencia necesaria implica algo más que lo técnico sino también comporta la satisfacción de las expectativas de los otros que interactúan de distintas maneras con el profesional, tales como pares, subordinados, mandantes, clientes, conciudadanos, sociedad [136]. Por lo mismo entonces, es necesario conceder la máxima importancia a la seguridad, salud y bienestar de esos otros quienes participan o son afectados por la labor, punto que también será abordado en un principio más adelante.

Aquellas competencias genéricas necesarias para todo ingeniero o ingeniera corresponderían a las recomendadas por la Junta Americana de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET por sus siglas en inglés)¹⁸, para el año 2020-2021 [143], las cuales, a juicio de este trabajo, son las mínimas para ser parte propositiva de la sociedad del conocimiento en que actualmente se desenvuelven las y los ingenieros. La lista se enumera a continuación:

1. Capacidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería mediante aplicando principios de ingeniería, ciencia y matemáticas.
2. Capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas teniendo en cuenta la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.
3. Capacidad para comunicarse eficazmente con una variedad de audiencias.
4. Capacidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer juicios informados, los que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.
5. Capacidad de funcionar eficazmente en un equipo cuyos miembros juntos brindan liderazgo, crean un entorno colaborativo e inclusivo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos.
6. Capacidad para desarrollar y realizar experimentación adecuada, analizar e interpretar datos y utilizar el juicio de la ingeniería para obtener conclusiones.
7. Capacidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando las estrategias de aprendizaje adecuadas

Este principio se puede representar con la siguiente pregunta: ¿Se tiene la suficiente formación

¹⁸ La Junta Americana de Acreditación de Ingeniería y Tecnología es una reconocida organización que entrega estándares de acreditación para programas de educación en universidades.

para tomar la decisión, concediendo importancia suficiente a la seguridad y bienestar de otros?

2.2. *Razonamiento consensuado*

Este punto toma en consideración el concepto de *objetividad entre paréntesis* de Humberto Maturana en las decisiones tomadas frente a hechos observados, de modo de que se haga lo posible por que no existan engaños y presentando información con evidencia y teoría mediante, bajo el dominio explicativo de la ciencia. Cuando se habla de *objetividad entre paréntesis* se habla de un tipo de objetividad que toma en consideración los diferentes dominios explicativos que puedan existir entre las personas o en una misma persona dadas nuestras condiciones biológicas, dando importancia al papel de las emociones en el tipo de racionalidad en que vive la persona en cierto momento, destacando el rol del amor¹⁹ como fundador de las relaciones sociales. Un punto importante para considerar en este tipo de objetividad es que es importante respetar visiones alternativas al ser todas legítimas, siempre buscando el consenso²⁰. Bien se sabe que existirán diversas perspectivas frente a un mismo problema y es importante tomarlas en cuenta, lo que incluye la ciencia interdisciplinaria y transdisciplinaria, teniendo en cuenta y según proceda, como dice la UNESCO, conocimientos locales, tradicionales e indígenas [105].

La preguntas propuestas para este principio son: ¿Se presenta la información con rigurosidad y transparencia? ¿Cómo se puede cuestionar? ¿Qué hacer para evitar engaños o malentendidos?

2.3. *Manejo de riesgos*

Muy relacionada con el punto de 2.1 Aptitud, este tiene que ver con el deber de cuidado de los ingenieros hacia los stakeholders y, por supuesto, hacia sí mismos. Es deber del profesional de la ingeniería identificar, evaluar, cuantificar, mitigar y manejar riesgos [79], puesto que a pesar de que pueda en la empresa existir un área de Salud, Seguridad y Medio Ambiente que tiene el liderazgo en la administración de emergencias, es tarea de todos gestionar los riesgos. De acuerdo con el Centro de Seguridad de Procesos Químicos (CCPS por sus siglas en inglés) el riesgo se define como una medida de daño humano, daño ambiental o pérdida económica en términos de la probabilidad del incidente y la magnitud de la pérdida o lesión [144]. En este principio debe primar el principio precautorio para abordar los peligros sujetos a una alta incertidumbre científica, descartando la falta de certeza científica como una razón para no tomar medidas preventivas [145], y, en caso de que haya suficiente experiencia con la operación y por consiguiente, haya certezas que resulten sabidas, es conveniente usar el principio ALARP (“tan bajo como razonablemente sea posible”) bajo un criterio de Evaluación Cualitativa o Cuantitativa²¹ de Riesgos, con el objetivo

¹⁹ Maturana define el amor no como si esta refiriera al sentimiento romántico ni a la bondad o generosidad, sino como “un fenómeno biológico, la emoción que especifica el dominio de acciones en las cuales los sistemas vivientes coordinan sus acciones de un modo que trae como consecuencia la aceptación mutua, y yo sostengo que tal operación constituye los fenómenos sociales”. [140]

²⁰ La Real Academia Española lo define como “acuerdo producido por consentimiento entre todos los miembros de un grupo o entre varios grupos.” [202]

²¹ Un análisis cualitativo de riesgos (generalmente expresado en forma de matrices de riesgo con ejes de consecuencia y probabilidad) es un prerrequisito para cualquier evaluación de riesgos de procesos. Sin embargo, tales análisis a menudo identifican muchos escenarios de alta consecuencia/baja probabilidad que son muy difíciles de abordar y sus alcances, en términos de consecuencia o probabilidad, están demasiado lejos de la base de experiencia del equipo de análisis de riesgos de procesos para ser manejados cualitativamente. En estas situaciones, la evaluación cuantitativa del riesgo se convierte en una herramienta útil para ganar perspectiva sobre el significado colectivo de

disminuir el riesgo tan bajo como sea razonable hasta un área donde este sea tolerable o ampliamente aceptable [66]. Es sabido que cada empresa cuenta con su propio programa de gestión de riesgos, en donde se estipulan las normas y procedimientos locales a cada lugar de trabajo, y es deber del ingeniero respetarlos y velar por que se cumplan, aunque también cuestionarlos en caso de que, de acuerdo con sus conocimientos y experiencia, estos sean insuficientes con respecto a los peligros que pueda identificar.

Las interrogantes que se formulan para este principio son: ¿Cuáles son los riesgos que puede tener la decisión? ¿Cómo los puedo comunicar? ¿Qué precauciones se deben tener?

3. *Ejercicio responsable e integro*

3.1. *Integridad*

Este principio consiste en dos cosas bien relacionadas entre sí: en primer lugar, en que los ingenieros deben actuar para sus empleadores o clientes de manera confiable y segura en cada una de sus decisiones, respetando su confidencialidad en los momentos indicados y declarando conflictos de interés conocidos o potenciales. En segundo lugar, consiste en que los ingenieros deben evitar actos engañosos y tomen medidas para prevenir prácticas corruptas o mala conducta profesional para beneficio personal, cuidando así la reputación y prestigio del gremio de profesionales de la ingeniería, entendiendo que la corrupción es enemiga y contraria al bien común, objetivo principal de la ingeniería. Por lo tanto, se debe actuar bajo altos estándares de conducta profesional, hacer lo que es necesario y hacerlo bien, manteniendo a las personas indicadas informadas de hechos relevantes, y actuando éticamente aun cuando no existan ventajas personales al hacerlo.

De modo práctico este principio se puede representar por la siguiente pregunta: ¿Puede la decisión entrar en conflicto con los estándares de buena conducta profesional?

3.2. *Responsabilidad*

Este principio resulta similar al principio de *Reflexión Crítica* junto al de *Desarrollo Sostenible* de la HAIN estratégica, puesto que se hace necesario reflexionar sobre las consecuencias de las decisiones ingenieriles, guiado por los principios de la sostenibilidad. En estas decisiones muchas veces se afecta tanto a las personas con las que se trabaja, como también tanto al entorno natural como construido, junto a las personas que habitan o habitarán esos sectores. Por lo mismo, este principio habla de la necesidad de ser responsable, entendiendo a esta misma como la capacidad de responder ante las consecuencias de los actos que se cometen, y de cuidar y resguardar a otras partes, también a si mismo, ante los impactos de la decisión. Existen varios códigos de ética que ponen en primer lugar la obligación de los ingenieros de tener en cuenta la seguridad, la salud y el bienestar del público [146][147], incluso tratando de esforzarse por cumplir con los principios del desarrollo sostenible [147]. Para esto es importante considerar la disponibilidad limitada de recursos naturales y proteger, inclusive mejorar cuando sea posible, la calidad del ambiente natural y construido, tanto para las generaciones presentes como las generaciones futuras [79]. Por último,

estos potenciales eventos. En la evaluación cuantitativa de riesgos, las consecuencias y la frecuencia estimadas de cada escenario son combinadas para estimar el riesgo asociado. Más detalles de estos métodos de análisis de riesgos en [144].

muchos códigos éticos hacen hincapié en el deber de informar de las posibles consecuencias si las recomendaciones hechas sobre cuestiones de seguridad, salud, bienestar o desarrollo sostenible son anuladas o ignoradas.

La pregunta guía para este principio es: ¿De qué manera mi decisión podría afectar a otras partes, tanto el contexto interno (cliente o empleador, trabajadores) o externo (sociedad, bien público, el medio ambiente) de la empresa, sea en el presente y/o futuro?

Para las decisiones tácticas en particular, dado que muchas tienen que ver con los niveles de producción y compra de insumos, se agregará una pregunta tal que pueda desglosarse en las siguientes preguntas: ¿se puede producir con menos insumos? y ¿se puede producir menos? La idea es, siguiendo los principios de la Economía Circular, ir desmaterializando no solo los inputs sino también los outputs del proceso, con los consiguientes ahorros de recursos, disminuyendo los impactos sobre el medio ambiente. La pregunta para la HAIN táctica es ¿Puede comprometer mi decisión la limitada disponibilidad de recursos naturales?

Es importante también identificar los conflictos posibles de la decisión, no solo cómo afecta la decisión, sobre todo para decisiones de mediano alcance. También corresponde tomar en cuenta y escuchar las aspiraciones y preocupaciones de los demás, sean estos personal de la empresa o externos de algún modo involucrados en la decisión. En este punto es que se agregarán de manera adaptada para estas decisiones las preguntas de los principios de Integración y Desarrollo Integral de Martínez, pues estos resultan muy útiles dada la magnitud de alcance que tienen las decisiones tácticas. De este modo son dos las preguntas que se plantean para este principio: ¿Qué conflicto podría despertar esta decisión en las partes interesadas? ¿se toma en cuenta a todas estas?

4. Equidad y respeto en el trato

Una de las necesidades sociales urgentes dentro de la gran mayoría de profesiones radica en el respeto, la dignidad y justicia en el trato hacia las personas, independientemente de muchos factores sujetos a discriminación, tales como raza, religión, condición, género, nacionalidad e incluso el cargo ocupacional, considerando todos estos factores y perspectivas a la hora de tomar una decisión. Dentro de este principio también se ubica la necesidad de no practicar ningún tipo de explotación laboral ni trabajo forzado bajo amenazas de cualquier tipo, sobre todo con aquellos quienes son subordinados a uno. Varias cadenas de suministro han sido criticadas por ser explotadoras [101], por lo que tales prácticas deben ser erradicadas en lo posible, y no solo para los subordinados o colegas, sino también para sí mismo. Son varios los estudios que indican las desventajas del exceso de trabajo, afectando la calidad de vida de las personas, disminuyendo su productividad [148] e incluso volviéndose más propenso a accidentes laborales en el área industrial [149]. En ese punto en particular este principio se une al de 3. Justificación dado que es imprescindible justificar hasta qué punto el profesional se somete a ciertas cargas de trabajo.

Con lo anterior es posible vincular este principio con la siguiente pregunta: ¿Tomar esta decisión compromete el respeto y dignidad de las partes implicadas?

Para las decisiones tácticas por otra parte, resulta importante también destacar que estas pueden involucrar contratación, subcontratación o despido de personal, pues son estas fuertemente determinadas por fluctuaciones en la demanda. Para este personal, uno de los problemas

identificados es la falta de diversidad, sobre todo en el área de operaciones. De este modo resulta útil, particularmente para estas decisiones, la siguiente pregunta: ¿Cómo promover la equidad y diversidad con la toma de decisión?

8.2. HAIN nivel táctico

Esta HAIN no va enmarcada dentro de las etapas del análisis de proyectos como la HAIN en su versión estratégica, sino que esta vez debe ser usada en momentos en que se tome una decisión táctica, quiere decir, decisiones de planificación intermedia para un horizonte de tiempo medido en escala de semanas a meses. Se debe tener en mente que tal vez esta herramienta no sea usada en cada momento que se tome una decisión de ese calibre, aunque es lo ideal, sin embargo, lo principal es que la persona que tome la decisión tenga las nociones básicas de cada principio de la BEP táctica de modo de que la decisión tomada sea acorde a estos principios.

Al igual que la HAIN de Martínez, cada pregunta de esta herramienta busca que las decisiones analizadas respondan a la BEP, así estas no solo se justificarían desde lo puramente técnico y lo económico, sino que tendrían un trasfondo ético detrás. Las ventajas de usar esta herramienta es que incluso se puede dejar un reporte de su uso, un historial de la lógica que existe detrás de las decisiones tácticas tomadas, y analizar de este modo la forma en que la decisión se compromete con la BEP.

En primer lugar, está la necesidad de que la decisión esté orientada acorde a los principios de la justicia y la razón, que exista una reflexión sobre el porqué de la decisión, sobre si es legítima tomarla y por qué (*Justificación*). Respecto a los principios primordiales para este tipo de decisión, tanto para la HAIN táctica como la operativa, el/la ingeniera de procesos o equipo de ingenieros de procesos a cargo de tomar la decisión deben responder sobre sus competencias para completar la tarea, entendiendo que estas van más allá de lo técnico (*Aptitud*). Por otra parte, los ingenieros deben mantener una postura de rectitud y prolijidad, promoviendo el diálogo y la apertura a llegar a consensos con otras personas, teniendo en consideración que no debiera ser usado el argumento de una supuesta objetividad para obligar a los demás a actuar de cierto modo (*Reflexión consensuada*). Es primordial igual reconocer los riesgos asociados con la decisión, acciones o inacciones que se tomen, por lo que una reflexión sobre la decisión sobre los riesgos intolerables es necesaria (*Manejo de riesgos*). El compromiso por tomar decisiones éticas pasa por hacer bien las cosas, entendiendo que la corrupción es enemiga del bien común, propósito de la ingeniería, por lo que una pregunta pasa por reflexionar sobre el acto en si, tal que este no rompa la ética de la empresa ni la profesional (*Integridad*). En esa misma línea, las buenas prácticas tienen que ver con la capacidad del profesional de medir las consecuencias de sus actos sobre otros, haciéndose responsable de estos considerando el personal interno la empresa y el contexto externo, como comunidades y el medio ambiente, entre otros, en el presente y a futuro (*Responsabilidad*). Por último, se hace necesario que dentro de la reflexión exista una pregunta que apunte a verificar que dentro de las consecuencias no exista discriminación hacia las condiciones de una persona, que prime el respeto, la dignidad y la justicia merecidas por cada ser humano (*Equidad y respeto*).

Lo ideal es que la decisión sea acorde a la BEP en todos y cada uno de sus principios, y, en caso de que esta vaya o exista la posibilidad de que vaya en contra de la BEP, entonces la decisión debiese ser reestructurada, o puesta sujeta a una deliberación entre las partes afectadas, de modo que prime la justicia en su forma democrática. La transparencia en la información y en los datos

debe ser eje común en las deliberaciones, y la resolución necesariamente debe ser consensuada, bajo el principio de Objetividad entre paréntesis.

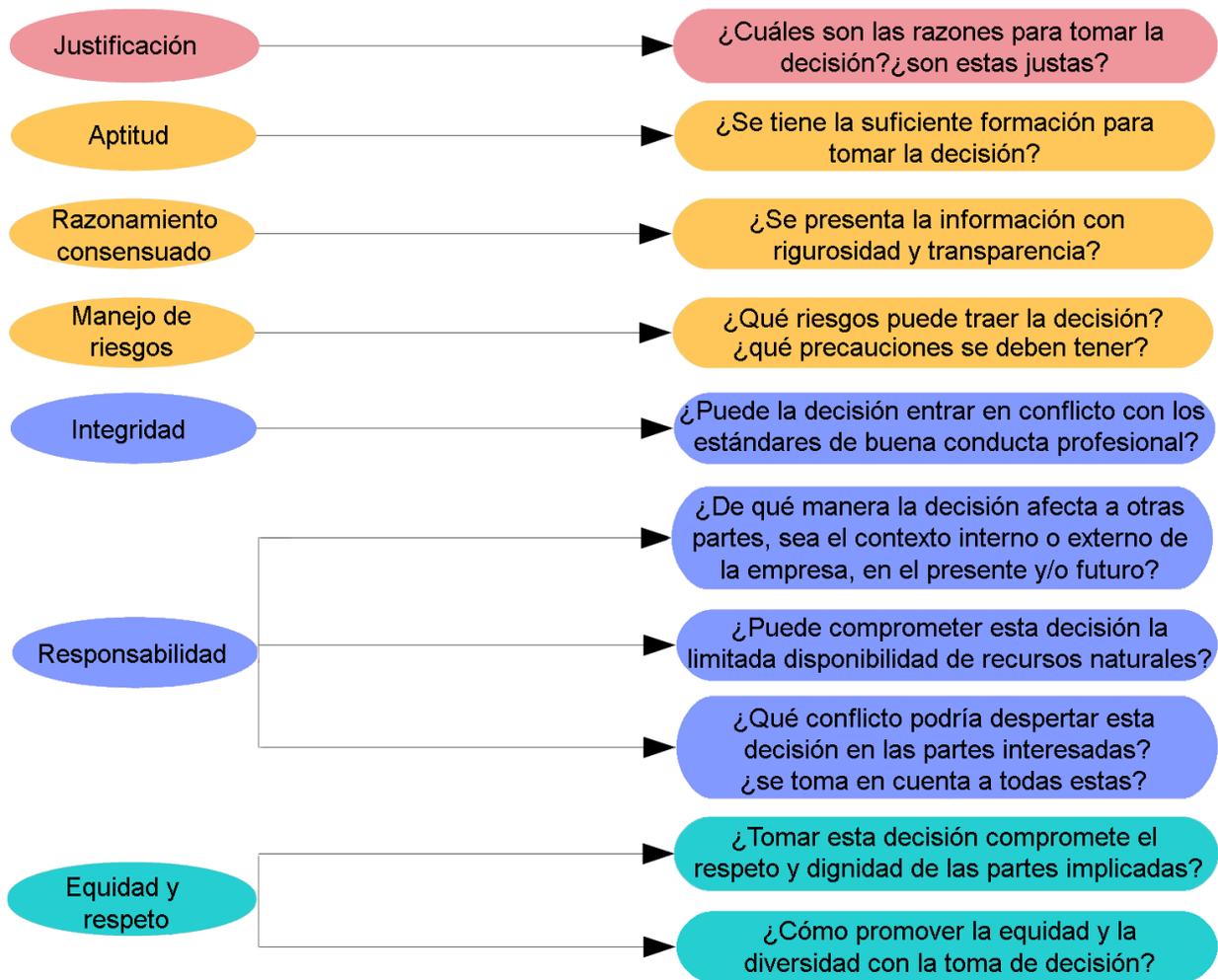


Figura 8: Representación gráfica de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones nivel táctico. En amarillo los valores de precisión y rigor, morado los de ejercicio responsable e integro, rojo justificación y calipso equidad y respeto.

8.3. HAIN nivel operativo

Esta HAIN es más corta que la anterior debido a que se comprende que estas decisiones, a diferencia de las anteriores, deben ser tomadas de forma más rápida acorde al contexto, por lo mismo se dice que son decisiones de corto plazo. Sin embargo, esto no quiere decir que no sea útil tener una reflexión previa a la decisión, de manera de formar hábitos en la persona profesional tomadora de decisiones. Adela Cortina sugeriría la formación del hábito de actuar bien, orientarse a la acción por los valores e incorporar en la conducta los modos buenos de actuar, para no realizar esfuerzos cada vez que se quiera obrar bien. Además, destaca la capacidad humana de adaptarse a los cambios sociales y técnicos. En sus palabras, “habituar a hacer buenas elecciones significa más bien ser bien consciente de los fines últimos que se persiguen, acostumbrarse a elegir en relación con ellos y tener la habilidad suficiente como para optar por los medios más adecuados para alcanzarlos”.

El fin último de la ingeniería, como bien se dijo, es alcanzar el bien común, y esta herramienta busca perseguir tal fin mediante las siete preguntas siguientes. Al igual que la HAIN táctica, sería ideal que la persona, cuando tome una decisión operativa, pueda ir dejando reportado el uso de esta herramienta, para que en momentos de realizar una revisión se pueda analizar la lógica detrás de esta decisión. La BEP es la misma que la usada para decisiones tácticas puesto que son decisiones que abarcan temas comunes, aunque a diferente profundidad y alcance, por lo que tienen menos preguntas también, haciendo más expedito pero no menos reflexivo el trabajo con la herramienta.

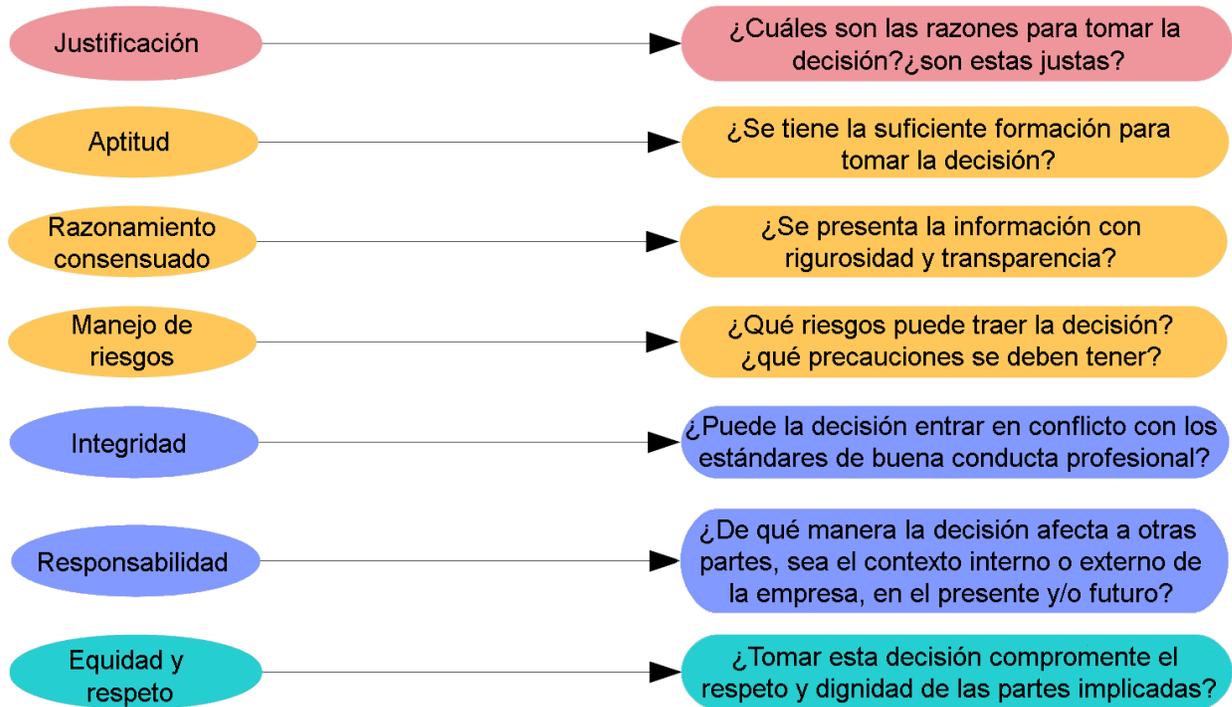


Figura 9: Representación gráfica de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones nivel operativo.

9. Estudios de aplicación para las diferentes Herramientas de Análisis Integral

9.1. Caso HAIN para nivel estratégico

Con el propósito de entender manera práctica las consecuencias de la utilización de la HAIN estratégica es que se estudiará el uso de la BAT (*Best Available Technology* o Mejor Tecnología Disponible) como criterio técnico en la determinación de la tecnología a usar en los proyectos de ingeniería. A modo de ejemplo se estudiará este criterio a un proyecto de Tranque de relave minero típico.

Los relaves mineros son interesantes de estudiar en la ingeniería de procesos dado el gran impacto que tienen sobre el medio ambiente y la sociedad. Los relaves mineros son residuos de las operaciones mineras compuesto por una mezcla de roca molida y efluentes de procesos generados durante la etapa de procesamiento de minerales, y cuya composición química depende de la naturaleza mineralógica del cuerpo explotado. Estos relaves son dispuestos en una estructura llamada depósito de relave, la cual consiste en una obra de ingeniería diseñada para satisfacer exigencias legales nacionales, de modo que aisle completamente sólidos (relaves) depositados del ecosistema circundante [150]. Estas estructuras se caracterizan por ser peligrosas ambientalmente pues son fuente de contaminación de suelos y aguas superficiales cercanas con ácidos y metales pesados, además de ser fuente de los mayores desastres provocados por la minería producto de inestabilidades geomecánicas. Son bastantes los casos conocidos de fallas en depósitos de relaves, cuyas consecuencias resultan hasta con víctimas fatales. El ejemplo más reciente fue uno ocurrido en enero del 2019, un accidente en la mina Córrego do Feijão en el municipio de Brumadinho al sureste de Brasil, donde fallecieron 65 personas y otras 280 quedaron desaparecidas [151].

En Chile la minería es una de las actividades principales de la economía, debido a las condiciones geológicas favorables que la hacen líder mundial en producción de cobre, habiendo producido al año 2018 una cantidad de 5.831.000 toneladas métricas de fino [152], y donde su mayor actividad se ubica al norte del país. Sin embargo, mantener alta esta producción ha provocado una alta producción de depósitos de relaves. Ya al año 2019 habían contabilizados 749 relaves, de los cuales 104 calificaban como activos, 463 inactivos, 173 abandonados y 2 en construcción. De los 104 depósitos activos, 21 pertenecen a la gran minería, 35 a la mediana minería y 48 a la pequeña minería [153]. La situación es preocupante, sobre todo respecto a los relaves abandonados e inactivos pues, si bien hoy se cuenta con la ley N° 20.551, que regula el cierre de instalaciones mineras y especifica que los relaves deben ser física y químicamente estabilizados, esta fue promulgada al año 2011 y no es retroactiva, quiere decir, solo aplica a las nuevas faneas mineras. Por esta razón son muchos los depósitos de relaves que hoy no cuentan con ningún tipo de medidas de estabilización y seguridad necesarias dadas las precarias leyes ambientales antes existentes.

La relevancia de este problema para la ingeniería química y para el país hacen del estudio de un proyecto tranques de relaves una necesidad, sobre todo ante el inminente aumento en cantidad de estos, y los problemas asociados que conlleva el Cambio Climático para la gestión de los mismos.

9.1.1. El proceso

El proceso de la mina se puede esquematizar de acuerdo con lo presentado en la Figura 10. Primero, mediante el proceso cíclico de perforación y tronaduras es que se desintegra la roca que contiene el mineral, y es cargada mediante camiones a un chancador primario, donde se reduce su tamaño a un máximo de 10 pulgadas para ser transportado mediante correas a una zona de acopio. El stock pile constituye la interfase entre la mina (proceso batch) y la planta (proceso continuo), lo que hace posible mantener un suministro continuo de mineral a la planta. Este mineral es molido ahora en húmedo, con una concentración de sólidos (C_p) de entre 50 a 80%, en un circuito molino SAG – molino de bolas²². Una vez molido el mineral en los molinos SAG, el mineral pasa a un sistema harneros para separar los pebbles, partículas que se forman con tamaño de entre 2 a 3 pulgadas, los que son transportados a través de un sistema de correas al chancador de pebbles donde se reduce su tamaño a 16 mm aproximadamente y es retornada al molino SAG para su reducción de tamaño. La pulpa con el mineral restante es clasificada usando hidrociclones, mediante la cual la fracción gruesa de mineral es alimentada a los molinos de bolas, y luego nuevamente recircula al sistema de clasificación por medio de hidrociclones. La fracción fina, quiere decir aquellas partículas bajo 200 micrones, es enviada a la planta de flotación.

La planta de flotación consta de una serie larga de reactores CSTR, donde se separa el mineral por diferencia de mojabilidad o hidrofobicidad, así, al introducir aire en forma de burbujas en una pulpa que contiene partículas de carácter hidrofílico e hidrofóbico, éstas últimas tienden a adherirse a las burbujas para así minimizar su contacto con la fase líquida, y son levantadas por estas hacia la zona de colección, donde son recuperadas [154]. El agua contiene una serie de reactivos que propician y facilitan la flotación:

- **Colectores:** Son compuestos orgánicos, siendo los iónicos los más comunes, cuya función principal es la de proporcionar propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales. [154]
- **Espumantes:** Son compuestos orgánicos de carácter heteropolar. Se utilizan para generar una espuma estable y un tamaño de burbuja apropiado. Ácidos, aminas y alcoholes son los espumantes más usados [154]
- **Modificadores:** Sirven para crear condiciones favorables en la superficie de los minerales, principalmente para el funcionamiento selectivo de los colectores. [154]

Respecto a las etapas de la flotación, esta se divide en tres generalmente como se muestra en la Figura 10, dependiendo de si se quiere maximizar la recuperación o la ley:

- **Flotación primaria o rougher:** es la primera etapa de separación a la que se enfrenta el mineral, su función es maximizar la recuperación, generando un relave “libre” de especies de interés. Produce además una disminución de los flujos a tratar en etapas posteriores. [154]
- **Flotación de limpieza o cleaner:** destinada a incrementar (maximizar) la ley de

²² Pueden llegar ser hasta 3 molinos de bolas por cada molino SAG, dependiendo de las capacidades de cada uno.

concentrado. En esta etapa se genera el producto final de la planta. [154]

- Flotación de repaso, barrido o scavenger: destinada también a maximizar la recuperación. Suele ir después de alguna de las etapas anteriores, retratando sus relaves para evitar pérdidas. [154]

El cobre que es recuperado desde la flotación se va a una planta de espesamiento y filtración de concentrado, donde se recupera el agua. A la planta de espesamiento el concentrado (y también el relave si existe una etapa de espesamiento de relave, como ocurre en algunas plantas) llega con un Cp de entre 30-45% y sale de este con un Cp entre 55-65%. Este concentrado de cobre, de la filtración sale con una humedad de entre 8-15% y está listo para, o ser enviado al extranjero como generalmente se hace en Chile, o ser procesado en una fundición de cobre.

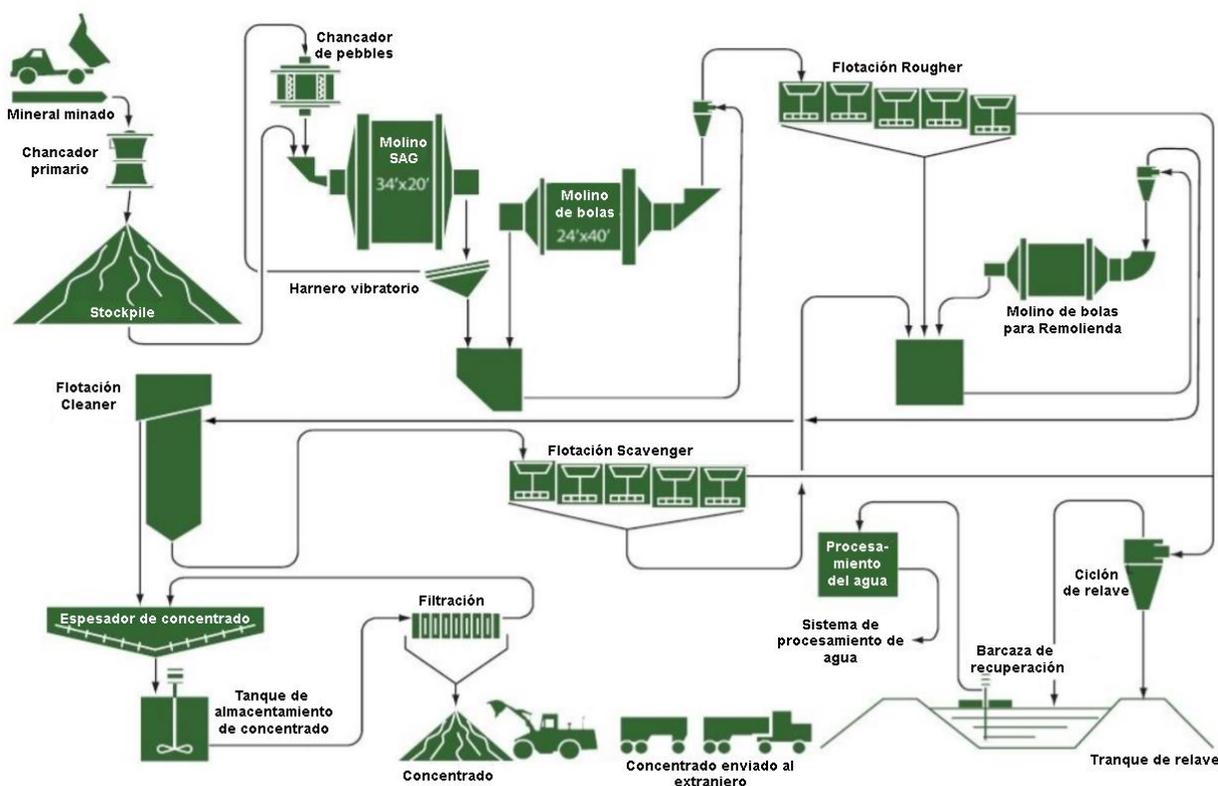


Figura 10: Esquema del procesamiento de minerales de cobre típico. Adaptado al español desde [155].

Mientras, por el flujo de relaves, estos pueden ser espesados como se hace en algunos casos, donde se logra una pulpa con un Cp de 55-65%, o incluso filtrados con una humedad menor a 20%. También existen los llamados relaves en pasta, la que tiene una gran concentración de partículas finas (15% menor a 20 micrones), y una muy baja cantidad de agua (Cp 70-75%). Aparte de los relaves espesados, filtrados y en pasta, existen los tranques de relaves y embalses de relaves. Los primeros, los más comunes en Chile, corresponden aquellos depósitos de relaves donde el muro es construido con la fracción más gruesa del relave, compactado, proveniente del ciclón (como se muestra en la Figura 10, mientras que el embalse de relave resulta cuando el muro de contención

está construido de material de empréstito (tierra y rocas aledañas) y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. Para los tranques de relaves, la construcción del muro difiere según tres modos según como se vayan elevando estos muros en el tiempo, de acuerdo con lo esquematizado en la Figura 11. De todos los métodos, el que ofrece mayor seguridad es el de Aguas Abajo pues es más resistente ante actividades sísmicas, pero se requiere una gran cantidad de volumen de arenas.

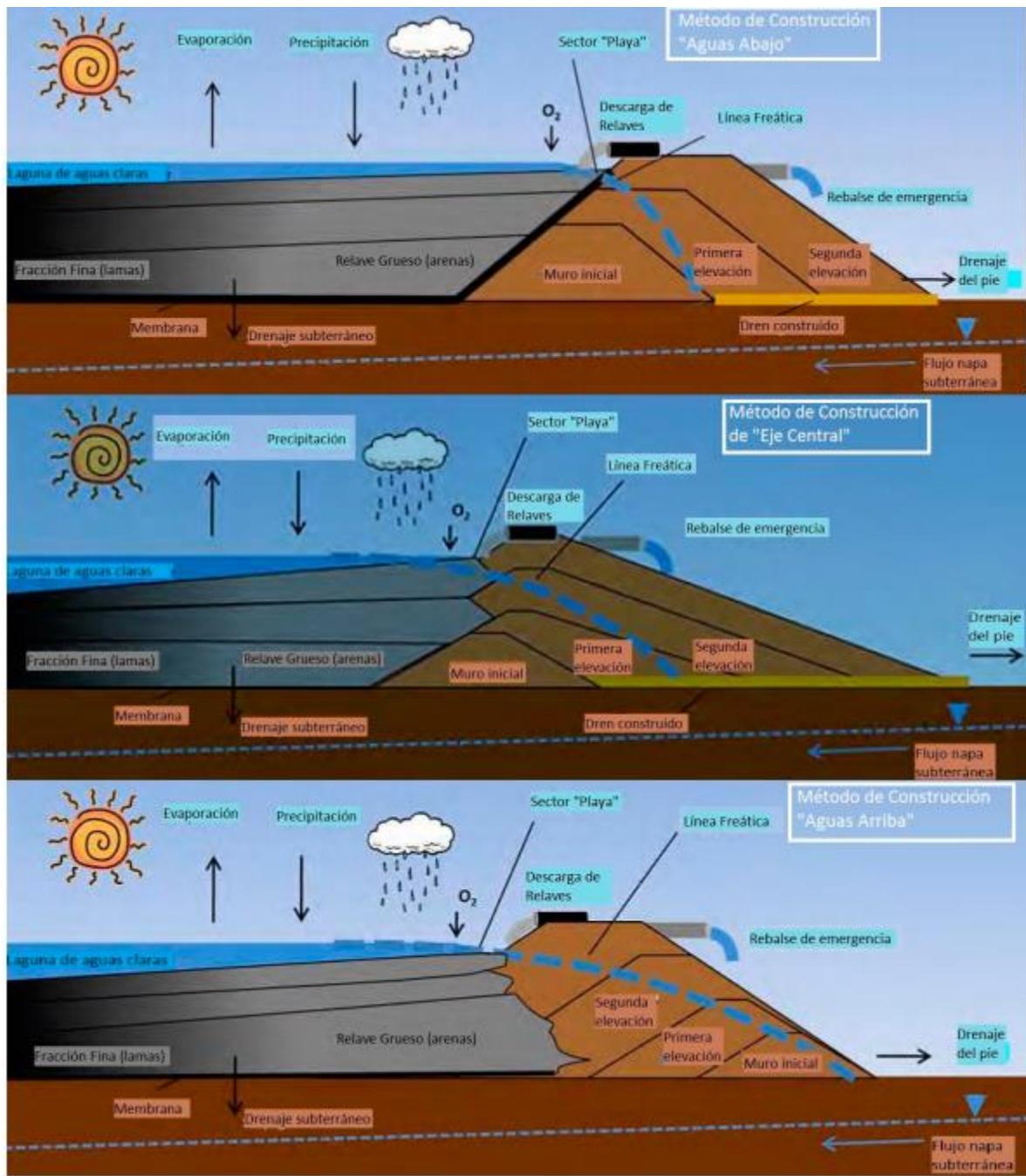


Figura 11: Métodos de construcción de tranques de relaves. La primera figura corresponde al método "Aguas Abajo", la segunda al método "Eje Central" y la última al método "Aguas arriba", este último prohibido en Chile desde 1970 por ser menos seguro. [150]

9.1.2. Best Available Technology (BAT) para manejo de relaves

A fines de noviembre de 2010, La Directiva sobre Emisiones Industriales fue adoptada para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, eliminar la contaminación derivada de las actividades industriales dando prioridad en la fuente y una gestión prudente de los recursos dentro

la Unión Europea (UE). Además, con el fin de determinar las mejores técnicas disponibles y limitar los desequilibrios en la UE en lo que respecta al nivel de emisiones de las actividades industriales, elaboraron documentos de referencia para las mejores técnicas disponibles (BAT) mediante un intercambio de información con las partes interesadas y los elementos clave de los documentos de referencia de la BAT [156]. Estos documentos técnicos dan una imagen parcial de las técnicas menos contaminantes probadas industrialmente para un sector dado, es decir, las más ecoeficientes a un costo económicamente aceptable, en el momento de redactar el artículo [157].

Para el caso particular de los depósitos de relave, el trabajo se basará en el Documento de Referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles (BAT) para la gestión de residuos de las industrias extractivas [158]. En particular, el trabajo estará centrado en un ejemplo de BAT dado en el reporte realizado por el panel de expertos de Mount Polley, el cual tenía como objetivo investigar e informar sobre la causa de la falla de la instalación de almacenamiento de relaves que ocurrió el 4 de agosto de 2014 en la mina Mount Polley, British Columbia (B.C.), además comentar qué acciones se podrían haber tomado para prevenir esta falla e identificar prácticas o éxitos en otras jurisdicciones que podrían ser consideradas para implementación en B.C. En esta se concluye que el futuro requiere no solo una adopción mejorada de las mejores prácticas aplicables (BAP), sino también una migración a la mejor tecnología disponible (BAT) [159], las que serán enumeradas y descritas a continuación, en base al trabajo de Boswell y Sobkowicz [160].

1. Reduzca y, de ser posible, elimine el agua del relave antes o durante la deposición.

El panel de expertos Mount Polley recomendó como ejemplo la utilización de relaves filtrados, aunque, sin embargo, de acuerdo con Boswell y Sobkowicz [160], existen otras potenciales tecnologías BAT, como (se incluye relave filtrado en la lista):

- Relave filtrado: Se recomienda el uso de filtro prensa o métodos de filtración en-línea (filtración mientras el relave es transportado a su deposición). También es BAT filtros de vacío y centrífugas.
- Floculación tradicional en tanque o en-línea para incrementar el contenido de sólidos y la resistencia del relave.
- Compactación de los relaves durante o después de su deposición, usando equipos especializados.
- Uso de aditivos para reducir fluidez y mejorar la resistencia después de la deposición. Ejemplo de esto es la tecnología ATA desarrollada por Soane Energy LLC [161].

2. Evite el almacenamiento de agua dentro de las instalaciones de relaves.

Para evitar una falla producto de la cantidad de agua dentro del depósito de relave es que se recomienda un diseño tal que permita que el relave sostenga una mínima cantidad de agua, y un rápido drenaje de las aguas de lluvias. Para esto es necesario reciclar agua hacia la planta desde piscinas o estanques separados de los depósitos de relaves.

Respecto a las aguas residuales de la mina, se recomienda buscar desde inicios de vida

de la mina un lugar seguro para almacenarlas, y en caso de liberarlas al ambiente estas deben pasar por un proceso de tratamiento, como las últimas tecnologías de desalinización o remoción de químicos orgánicos dañinos, además del uso de las últimas tecnologías de monitoreo de impacto de la deposición de aguas residuales tanto en aguas superficiales como subterráneas

3. Minimice el tamaño del estanque y optimice la ubicación del estanque.

Se recomienda mantener el tamaño del depósito lo más pequeño posible (tanto en altura, área y volumen), como también localizarlo en lo posible bajo tierra (ej. en minas de rajo abandonadas) o territorios donde las consecuencias de una falla del relave puedan ser mitigadas por el terreno circundante (ej. sin lagos ni ríos cercas), por estructuras, o uso de restricciones del uso de suelo (ej. sin riesgos para la vida, medio ambiente, infraestructura, etc.)

Se debe evitar la deposición en: laderas empinadas o crestas de colinas, áreas pantanosas anegadas o áreas atravesadas por arroyos, áreas con probabilidades de inundación de 1 en 500 años, áreas sub minadas, y áreas atravesadas por valles generalmente secos que podrían transportar torrentes furiosos en un clima excepcionalmente húmedo.

4. Evite los modos de falla inherentes.

El uso de BAT ayuda a evitar modos de falla mediante tecnologías para obtener información sobre las propiedades del terreno donde el relave es dispuesto y también sobre los materiales mismos de construcción. Ejemplos son:

- Técnicas de perforación que incluyen ensayos de penetración de cono y perforación sónica para recopilar datos generales del suelo, la extracción de testigos para suelos rígidos. Test in situ puede incluir cizallamiento de paletas para determinar resistencia al cizallamiento de suelos no drenados, pruebas con medidor de presión para rigidez y resistencia, o varios tipos diferentes de métodos de medición de tensión in situ.
- Técnicas de logueo geológico en conjunto a técnicas geotécnicas específicas que permitan identificar pequeñas pero controladoras debilidades en el terreno. Todo esto asistido por la experiencia del ingeniero geotécnico.
- Pruebas estándar para la clasificación del suelo, el historial de tensiones y las propiedades de compactación junto a la aplicación de técnicas de prueba de laboratorio más especializadas. Ejemplos de tecnologías especiales son las pruebas de consolidación de grandes deformaciones, las pruebas de consolidación impulsadas por gradientes hidráulicos impuestos, las pruebas triaxiales por etapas o las pruebas triaxiales bajo tensiones impuestas inusuales y las pruebas de cizallamiento directo simple.
- La instalación a profundidades superiores a 100 m, con altas presiones y temperaturas puede ser muy desafiante y requiere tecnologías personalizadas. Uso de piezómetros para obtener medidas sobre los niveles de agua al interior

del muro está siendo cuestionada, sobre todo en suelos de baja permeabilidad.

- Instrumentos para monitorear en tiempo real movimientos de tierra como Acelerómetros SAA (Shape-Acceleration Array) y fibra óptica.
- Softwares que permitan una evaluación de datos mejorada y más rápida, también es importante para prevenir fallas, tal que emitan alarmas si los datos pasan cierto límite en la tasa de movimiento, la tasa de flujo o ante incrementos de la presión de poros.

5. Diseñe y utilice estructuras inherentemente estables y/o mejore la estabilidad de las estructuras.

Se recomienda los métodos de construcción de muro de Aguas Abajo o Eje Central pues resultarían en una estructura con una densidad y resistencia más controlada, con un mecanismo de colección de filtraciones. El método Aguas Arriba produce zonas débiles o licuables en la estructura y hace la colección de filtraciones más difíciles. Dado que Chile no aprueba este último tipo de muros, no se entrará más en detalles.

6. Deposite relaves estabilizados.

Aplicando químicos en-línea que mejoren la resistencia y dureza sin cambiar el contenido de agua del relave. Ejemplo de esto es la tecnología Particular [162], que forma una red de nanopartículas de sílice dentro de la fase acuosa de los relaves, que inmoviliza las partículas sólidas y da resistencia y dureza a los relaves.

7. Reduzca el riesgo mediante la compartimentación.

Depositar el relave fluido en pequeños compartimientos puede reducir las consecuencias de una falla. Esto es, se divide el tranque de relave en pequeños compartimientos usando bermas internas, lo que puede reducir la cantidad de relave que puede fluir en caso de una falla.

8. Evite el riesgo de fallas en cascada.

En algunas minas, los estanques de relaves se construyen de manera progresiva, adyacentes entre sí y ubicados cuesta arriba o cuesta abajo del estanque anterior. Si bien mediante BAT se puede monitorear la operación y estabilidad de los tranques de relaves, un arreglo tal de los tranques de relaves conlleva problemas relacionados con fallas en cascada.

9. Busque la disposición in-pit o subterránea.

En caso de que se disponga de almacenamiento subterráneo, esta opción se debe considerar ya sea para relaves fluidos o mejor aún para relaves estabilizados. Durante las últimas décadas ha sido mayor el avance y el uso de relaves como material de relleno.

10. Aborde las consecuencias y riesgos muy altos o extremos con extrema precaución

Herramientas de evaluación de riesgos como Análisis de Modos de Falla y Efectos FMEA, a una evaluación completa de riesgos, son recomendadas, teniendo en mente que la tecnología BAT se centra en definir las condiciones del suelo, los mecanismos de falla, las consecuencias de la falla, mejores métodos de monitoreo y prevención efectiva y medidas de mitigación. Existe una escuela de pensamiento que habla de que estructuras con consecuencias de falla muy altas deben ser simplemente evitadas, teniendo en consideración que el riesgo potencial de falla para los mayores tranques de relave se incrementa 20 veces cada tercio de siglo [163].

En resumen, se puede decir que el objetivo de la tecnología BAT para la gestión de relaves es asegurar la estabilidad física del depósito de relaves [159].

9.1.3. Consideraciones

Dado que la herramienta se utiliza entre las etapas de evaluación del proyecto en cuestión, es que se asumirá, del mismo modo que hizo Martínez en su trabajo [10], que el análisis se ubica entre la etapa de Estudio de Factibilidad y Ejecución del proyecto Tranque de relave.

Como supuestos se asumirá lo siguiente:

- El proyecto se ubica en una zona de la región O'Higgins, en una cuenca hídrica que alimenta de agua a una población ubicada a unos 10 km aproximadamente, la cual tiene una cantidad aproximada de 2500 habitantes, en una gran mayoría familias que viven de la agricultura y la ganadería, las cuales para su abastecimiento de agua dependen profundamente de un estero que pasa por su pueblo y de las aguas superficiales que recogen por pozos. Para la localización de este tranque se tuvo que desviar el estero de su escorrentía natural mediante dos canales cuyo lecho es de concreto que bordean el tranque, los que tienen una distancia aproximada de 8,5 km y 13km cada uno. Se estima que así se evitaría que aguas lluvias y crecidas del estero tengan contacto con el tranque.
- Según su EIA, la justificación de localización se basa en 2 puntos principalmente:
 - El depósito de relaves ocupa un sitio que, por las condiciones de impermeabilidad del suelo, la forma y tamaño del valle, resultan ideales para acumular tal cantidad de relaves mineros.
 - El trazado del relaveducto discurre por la ruta más corta entre la planta de concentrado y el depósito de relaves, además de correr por aquellas condiciones de topografía e hidrografía más sencillas en términos de diseño y de eventuales impactos.
- El tranque tiene hasta una capacidad autorizada de hasta 1600 millones de toneladas en un área de 1700 hectáreas ubicadas, lo que da un volumen máximo de capacidad de

1000 millones de m³²³, como se dijo, en una cuenca hídrica crítica para la zona. El muro está construido con el método Aguas Abajo, y puede alcanzar una altura de 180 m. en base a un muro de partida de 65m, y su largo es de 1 km.

- La mina tiene una vida útil de 20 años al 2020 y procesa 170.000 tpd de sólidos, de los cuales el 97% de ellos se van diariamente hacia relaves, con una concentración en sólidos de 55% en promedio, lo que indicaría que fluye un total de 300.000 de pulpa hacia el relave. De este, se recupera un 30% de agua²⁴ (unos 39.000 m³/día), la que se retorna hacia la planta de procesamiento de minerales. Los 91.000 m³/día que no se devuelven al proceso corresponden a agua perdida ya sea por evaporación, agua retenida en las lamas del depósito de relaves, o agua retenida en el muro.
- Al momento de operaciones, el tranque de relaves considera:
 - Un sistema de manejo de crecidas que permite manejar las crecidas con periodos de retorno hasta 5000 años (evento de crecida con frecuencia probable de 1 cada 5000 años).
 - Para el manejo de filtraciones considera una zanja cortafugas en la zona más permeable del suelo que intercepta perpendicularmente la pluma contaminante que generan las infiltraciones.
 - Un sistema de drenaje que pasa a través del muro que transporta filtraciones hacia piscinas recolectoras de filtraciones.
 - Una membrana impermeable en el muro para evitar filtraciones.
 - Pozos de monitoreo aguas abajo del muro de manera de coleccionar y devolver al depósito de relaves aquellas aguas que los resultados del monitoreo indiquen que no cumplen la calidad requerida.
- Al momento de cierre y abandono el tranque deberá estar capacitado para mantener su integridad sin afectar al medio ambiente. Para esto se tomaron varias medidas:
 - El manejo de crecidas será controlado mediante la habilitación de vertederos laterales de seguridad de gran capacidad que sea capaz de manejar la Inundación Máxima Probable (IMP).
 - Para el manejo de filtraciones, se menciona que, durante el abandono, el caudal de filtraciones hacia los pozos de recolección habrá alcanzado una mínima expresión, siendo necesario controlar periódicamente su cantidad y calidad, y en caso de que no se cumplan los estándares, el agua recolectada será bombeada a la cuenca del depósito para su evaporación.

²³ Asumiendo una densidad aparente del relave de 1,6 t/m³

²⁴ El parámetro $k = \frac{\text{Agua recuperada}}{\text{Agua alimentada}}$ es cercano a 0,3 en gran parte de los tranques de relaves. Ver el caso de minera Escondida en [203].

- Para evitar erosiones se mantendrá una cobertura de material granular (grava arenosa o similar) sobre toda la superficie del muro. Respecto al depósito, la evidencia con tranques similares muestra que no existen emisiones de polvo y que generalmente se produce un proceso natural de revegetación en la superficie, lo que evita aún más cualquier emisión de polvos.
 - Se dismantelarán todas las instalaciones de la superficie, manteniendo enterrado el relaveducto.
- A pesar de que el proyecto funciona de acuerdo con el reglamento establecido por el SERNAGEOMIN, el año 2016 gran parte de la población ha demostrado descontento en base a protestas y denuncias en el juzgado y hasta la corte suprema. Ellos denunciaban que el proyecto tiene efectos dañinos sobre la comunidad, pues infringe los derechos de agua de todas las personas allí habitando debido a una intervención del proyecto sobre el cauce de agua de un estero que pasa por la cuenca donde se ubica el proyecto y que existirían riesgos ambientales sobre todo el territorio. Debido a la toma de caminos realizada por los pobladores a modo de protesta es que hubo enfrentamientos violentos entre los pobladores y fuerzas especiales de carabineros, resultando en múltiples detenidos y algunos heridos por balines. También, otro medio de protesta fueron las huelgas de hambre, contabilizándose 10 de este tipo, quienes estaban dispuestos hasta sacrificar su vida por la restitución de aguas al estero que les abastece de agua e intervenido por la empresa para la construcción del tranque.
- La inspección ambiental realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente indica que, respecto de la calidad de aguas del estero que pasa por el territorio donde se ubica el Tranque de relaves, sus valores se encuentran dentro de los valores establecidos en la línea base de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) según muestreos realizados años antes a que se estableciera el tranque de relaves en ese territorio.
- De acuerdo con evidencia presentada por la empresa, el tranque resistiría hasta 7,5 grados Richter si el epicentro fuese en el muro (aunque resistió un terremoto de 8 grados Richter ubicado a 50 km del muro). Por esto es que la empresa ideó un Plan de Contingencias para la comunidad, mediante la instalación de señaléticas y luminarias para mejorar la evacuación en casos de emergencia, además de una alarma sonora ante cualquier evento de alta peligrosidad para esta misma, y cuatro estructuras de contención (gaviones) ante cualquier riesgo de falla del tranque.
- Producto de las protestas, el año 2017 la empresa decide forjar un Acuerdo Responsable y Ético con la comunidad, la cual tenía tres objetivos: (i) diseñar un plan de diversas obras para permitir el escurrimiento natural del estero hacia la comunidad, con un monitoreo constante (ii) aumentar y reforzar las medidas de seguridad que garantizan que la población no se vea afectada ante eventos extremos, esto contempla una aplicación con información amigable sobre el estado del tranque y alertas en los teléfonos celulares en caso de evento de emergencia. (iii) desarrollar un Fondo de Desarrollo de la Comunidad de diálogo que permitiese contribuir al desarrollo de la comunidad. Este acuerdo fue aprobado por el 87% de los habitantes. El Fondo de Desarrollo de la Comunidad consta de un fondo fijo anual de 500 millones de pesos

durante 10 años.

- El proyecto minero aporta al PIB regional con un 4,5%, una cantidad de US \$420 millones al año 2018 (Ver Anexo 6: Cálculo de porcentaje de aporte sobre el PIB regional.). Posee una cantidad total de trabajadores de 8500 (35% de manera directa y el 65% mediante terceros), de los cuales el 70% son locales.
- Producto de las políticas de Responsabilidad Social Empresarial, en las comuna donde está asentada la minera, la empresa fundó una ONG cuyo propósito es fomentar el desarrollo de la comunidad, con un programa de apoyo a las PYMES, además, de un fondo de restauración de áreas verdes de la localidades y programas fomento de la educación y capacitaciones mediante un programa de becas. Todo esto resultado de una inversión de US \$ 40 millones el año 2019.

9.1.4. Aplicación de la HAIN estratégica al caso de estudio

9.1.4.1. Conciencia Social

¿Realizaría este proyecto si fuese parte de la comunidad afectada?

El hecho de que los habitantes del poblado cercano al Tranque se hayan en contra de este muestra que existieron brechas comunicacionales al momento de desarrollar el proyecto. Fue después de las protestas que se decide armar este Acuerdo Responsable y Ético, el cual es un gran paso de consideración por las comunidades. Sin embargo, cabría preguntarse si valió la pena la primera falta de comunicación entre las partes y no haber forjado el acuerdo antes de establecerse en el valle. ¿Fue un genuino interés de considerar a las partes en su momento el que motivó el acuerdo, o fueron las protestas y sin ellas no habría acuerdo? ¿por qué esperar a que la población se movilice para establecer un diálogo, con todos los problemas asociados a la realización de protestas, como los detenidos y heridos?

También corresponde hacerse unas preguntas más ambiciosas sobre el Acuerdo: ¿se mantendrá este acuerdo en el futuro? ¿qué pasará cuando cierre el tranque? ¿se acabará el acuerdo o los aportes de desarrollo, de seguridad, las obras calidad del agua se mantendrán? ¿qué asegura que luego de cerrado el proyecto no existan infiltraciones desde el tranque de relave hacia las napas subterráneas o a las aguas del estero? Un acuerdo de este estilo sin considerar que la vida del Tranque no acaba cuando este es cerrado, sino que continúa tal vez por décadas teniendo efectos, dependiendo de la geología del lugar donde se encuentra, cómo está diseñado y construido, y la naturaleza de los relaves que contiene, no parece oportuno. Se observa que en este caso particular existe un enfoque de acuerdo con las generaciones presentes, mas así no con las generaciones futuras.

Además, se cree que un acuerdo con la comunidad puede ser visto como un aprovechamiento en el sentido de la desinformación que puede existir si no existe información transparente y amigable. Informar todos los pros y contras del proyecto, además de otras alternativas existentes, que pueden existir tanto hoy como en el futuro resulta un deber ético para el equipo de ingenieros e ingenieras a cargo de la gestión del Tranque de relaves.

Ahora, analizando los supuestos, no se cumple con un importante principio del Documento de Referencia sobre las BAT, congruente con la BEP, y es que al momento de definir la localización,

para prevenir o reducir en la medida de lo posible cualquier impacto adverso sobre el medio ambiente y/o la salud humana, se deben analizar las comunidades locales, la biodiversidad y la proximidad a aguas superficiales [158]. Aquello no habría sido realizado por el proyecto, cuya justificación de localización solo se basó en razones que tenían que ver con aspectos técnicos más que sociales. Fue posterior a esta justificación técnica que se analizaron los impactos ambientales y sociales, pero estos no fueron nunca un criterio que pusieran en duda tal inicial localización. Por lo anterior es que se puede cuestionar su carácter BAT.

En suma, si el Acuerdo hubiese sido antes, entonces tal vez no hubiese costado tanto ubicar el tranque de relaves en esa localidad, pero llama la atención el gran volumen de ese tranque de relaves, constituyéndose como uno de los más grandes de Latinoamérica. A sabiendas de lo anterior, surge la pregunta de si sería realmente capaz el equipo de ingenieros e ingenieras ubicar un tranque de esas dimensiones cercano a su hogar y al cuerpo de aguas que lo abastece. Si se respondiera con sinceridad esta pregunta entonces es posible que, a pesar de los beneficios técnicos y económicos de tal alternativa, sea mejor repensar la decisión. En otras palabras, tal vez no se realizaría el proyecto si se fuese parte de la comunidad afectada.

9.1.4.2. Reflexión Crítica

¿Cuáles son las consecuencias del proyecto? ¿Cómo contribuyen al Cambio Climático? ¿Qué precauciones y medidas de mitigación y adaptación se tienen que tomar?

La primera consecuencia identificada es el rechazo por parte de la comunidad aledaña, quien se manifestó desde sus inicios contraria al proyecto. Fue después de las protestas, y después de haberse establecido, que la empresa se abrió al diálogo. Otra consecuencia resulta de la intervención de la cuenca hídrica de la zona producto del depósito de relaves, alterando el cauce natural del estero que alimenta la región.

Si bien no hay contribuciones directas al Cambio Climático mediante la emisión de GEI (eso podría decirse al menos sobre el tranque de relaves, mas no de la minería a rajo abierto que utiliza camiones a diésel de grandes dimensiones, pero ese es otro tema), sin embargo, el uso de bombas de impulsión para relaves y para recirculación de agua, al transportar grandes flujos, utilizan una gran cantidad de energía eléctrica, lo que supone una huella de carbono asociada, entendiéndose que, al año 2019, el 54% de la matriz energética proviene de fuentes con base de carbono [164]. Por otra parte, hay contribuciones que reducen la adaptabilidad a este fenómeno al afectar la poca disponibilidad de agua, en el sentido de que en caso de una falla en el control de infiltraciones existiría una inminente contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, disminuyendo la disponibilidad de aguas para el entorno. El hecho de que la empresa asegure, luego del Acuerdo, disponibilidad de caudal natural del estero que abastece a la comunidad y el constante monitoreo existente, no asegura que el agua mantenga su calidad a futuro y sea igualmente propicia para su uso en agricultura, ganadería o en las personas. Puede que, en el día de hoy, a partir de toma de muestras se observe que no se exceda el máximo prescrito por la regulación, pero aquello no es suficiente evidencia para excluir futuros incidentes.

El Cambio Climático, por otra parte, sí tiene efectos y potentes sobre los tranques de relaves, debido a los cada vez más intensos y variables eventos climáticos. Estos son mencionados a continuación, a partir de [165]:

- Los relaves podrían transportarse más lejos de lo que experimentaban antes a través de la escorrentía superficial y el polvo arrastrado por el viento debido a eventos climáticos más extremos. Esto generaría impactos en la salud y el bienestar de las personas y las comunidades debido a la inhalación de polvo de relaves o la contaminación de fuentes locales de alimentos y agua por relaves que contienen metales pesados.
- Debilitamiento estructural de tranques a través de: a) Aumento de los ciclos de contracción-expansión causados por períodos más extremos de humedad y sequía; b) Erosión e inestabilidad de las pendientes de los diques causada por eventos y patrones climáticos más intensos (lluvia, viento, períodos cálidos / húmedos); c) Potencial movimiento masivo de taludes de diques debido al aumento de precipitación, en forma de fluencia, soliflucción (efecto de congelación y deshielo del suelo que hace deslizar su cubierta) y/o deslizamientos de tierra.
- Aumento de los niveles de drenaje ácido de la mina (AMD) debido al aumento de las tasas de oxidación de los sulfuros metálicos, como la pirita (sulfuro de hierro), producto del aumento de las precipitaciones y/o temperaturas. AMD es considerado una de las formas más significantes de contaminación de agua y la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (US-EPA) la considera la segunda en términos de riesgo ecológico, solo después del Cambio Climático y agotamiento del ozono [166].
- Mayor riesgo de incidentes de contaminación a gran escala debido a eventos climáticos más extremos, por ejemplo, las inundaciones causadas por la ruptura estructural de la presa podrían resultar en impactos significativos a largo plazo en el área local en las cercanías de la presa. Por ejemplo, contaminación de suelos agrícolas y/o residenciales; pérdida de hábitats ecológicos, flora y fauna; pérdida de medios de vida y tradiciones locales; y contaminación de fuentes locales de agua potable, entre otros.

Uno de los problemas es que el aumento de la variabilidad y eventos climáticos extremos no se han considerado en el diseño y construcción del tranque de relaves. Hasta el momento el tranque de relaves tendría en su consideración eventos de la Inundación Máxima Probable para el cierre de proyecto, y consideraciones un poco menores para el momento de su operación (1 en 5000 años), sin embargo, cabría preguntarse cómo cambiaría esto frente al Cambio Climático, y si vale la pena someterse a esos riesgos con un tranque de unas enormes dimensiones como el del proyecto.

Existirían medidas de mitigación necesarias para el proyecto aunque no existan emisiones directas de GEI para el proyecto. Así, por ejemplo, las emisiones indirectas producto del uso intensivo de energía en bombas podrían ser reducidas mediante el abastecimiento de energía local, es decir, si el propio proceso se encargara de producir energía no fósil se puede independizar las emisiones indirectas de la matriz eléctrica chilena. Por otro lado, también se pueden sustituir tecnologías por otras formas de energía, gradientes de altura, por ejemplo, o energía térmica solar (sin pasar por electricidad).

Respecto de las medidas de adaptación al Cambio Climático, estas sí serían requeridas, sobre todo respecto a la disponibilidad de agua. Por lo mismo, medidas de recirculación de aguas obtenidas desde la laguna del tranque hacia la planta concentradora (la que más utiliza agua del proceso, principalmente en el área de flotación) apuntan justamente a esa línea. El Acuerdo

realizado entre la comunidad y la empresas también está en relación con las medidas de adaptación necesarias, al acordar asegurar el caudal natural del estero que alimenta la comunidad, aunque habría que analizar los impactos a futuro, quiere decir, si el acuerdo tiene efectos permanentes o solo durante la vida útil del tranque. Lo que muestra la evidencia es que ecosistemas sanos resguardan mejor el agua, entonces, la pregunta es si este estero intervenido será capaz de mantener su caudal natural o si sería mejor restaurar el estero buscando otra alternativa, entendiendo que no parece muy sensato intervenir un flujo de aguas naturales bajo un panorama futuro de sequía.

Respecto de las precauciones, bajo el supuesto que las medidas tomadas para evitar drenajes desde el depósito de relaves hacia las aguas superficiales son efectivas, existe siempre el riesgo sísmico de que un terremoto produzca una falla sobre, produciendo efectos irreversibles sobre el medioambiente y hasta sobre vidas humanas, teniendo en mente la naturaleza sísmica del país y el enorme volumen del tranque de relave. La forma de abordar este problema por parte de la empresa sería monitoreo, junto a una construcción adecuada del muro bajo el método Aguas Abajo, lo que aseguraría hasta un sismo de 7,5 Richter si es que este tuviera como epicentro el muro, pero ¿se asegura que, a futuro, una vez abandonado el tranque de relaves, con su capacidad máxima ocupada, resista un sismo de tal magnitud? ¿es suficiente el Plan de Contingencias para enfrentar un evento tal? Los costos de vida de un evento así pueden afectar no solo a personas sino también a la flora y fauna circundante, y en un espacio enorme. En Brasil, por ejemplo, el 2015 la falla del tranque Fundão liberó una 33 de sus 56 millones de m³, afectando una distancia de hasta 650 km hasta el océano pues se desplazó a través del río [167]. A partir de esa experiencia cabe preguntarse por las consecuencias de una falla un tranque con un volumen máximo casi 18 veces mayor.

Entonces, habría que preguntarse si se pensó en la existencia de otras alternativas para el proyecto, tal vez más costosas, pero más seguras para la población y el medio ambiente. Sobre este punto se abordará más adelante.

9.1.4.3. Integración

¿Qué conflicto podría despertar esta alternativa en las partes interesadas? ¿Se reconocen grupos de interés que sean más vulnerables que los demás?

Tal como hizo Martínez en su trabajo, es necesario identificar a las partes interesadas primero entendidas como aquellas cuyo bienestar puede verse afectadas o beneficiado por la presencia y operación del proyecto [10]. Se puede mencionar a la comunidad aledaña, los agricultores de la zona, los comités de agua potable rural, la planta concentradora que deja sus relaves en el tranque, los accionistas de la empresa, el ministerio de Minería, el ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas, las ONGs medioambientalistas (como Modatima que defiende el derecho al agua), los turistas que visitan esas zonas y el municipio de la comuna donde se ubica el tranque. Se cree que el grupo que podría considerarse como más vulnerable socialmente es la comunidad aledaña ubicada cercana al tranque, una zona rural de no más de 2500 habitantes, donde probablemente existan bajos niveles educativos pero una alta cohesión social, con su propia cultura, y cuya fuente de trabajo requiere fuertemente del agua como lo es la agricultura. Si pierden tal fuente de trabajo, probablemente tengan que irse del a zona para no caer en la pobreza y marginalidad.

El principal conflicto que hubo, antes del Acuerdo, fue de la comunidad cercana, los agricultores de la zona y las ONG medioambientalistas frente a la empresa minera que tiene su

tranque de relaves en la zona. El conflicto entre la comunidad y la empresa se vio reflejado en protestas como tomas de caminos, huelgas de hambre, etc., con resultado de enfrentamientos a carabineros, detenidos y afectando el bienestar y paz social de la comunidad. Esto mermó aún más la confianza que las comunidades tenían por la empresa, por lo que, si no veían cambios en la actitud de la empresa, probablemente se habría dificultado mucho más el Acuerdo, por mucho que les prometieran en este. Una condición para un diálogo efectivo es la confianza, y a medida que esta va deteriorándose, las posibilidades de un diálogo se van perdiendo.

La generación del Acuerdo fue un fuerte respiro tanto para la comunidad, principalmente por el aseguramiento del cauce natural del estero que abastece la zona, además del constante monitoreo de su calidad, como para la empresa que logró legitimarse frente al poblado. La apertura de la mesa de diálogo es necesario para informar, debatir y deliberar. Ahora corresponde a la empresa cumplir y no dar por cerrado el conflicto, pues este puede volver a abrirse en cualquier momento si las comunidades no sienten que se cumplen los compromisos.

Igualmente, a raíz de esta pregunta surge una crítica a la BAT, pues esta menciona que “para ganarse la confianza de la población local se debe reducir el impacto ambiental de los proyectos de depósitos de relaves”. ¿Es solamente esta la forma de ganarse la confianza, quiere decir, reduciendo impactos ambientales únicamente? ¿por qué no mejor apostar por algo más, como regenerar el tejido ambiental y social, apuntando a una Economía Circular, valorizando los residuos que deja la minería como los tranques de relaves?

Respecto al Cambio Climático, lo crítico es que como agricultores son efectivamente los más vulnerables a este fenómeno, sobre todo respecto de las sequías. Un efecto negativo es que, en caso se pierda a la confianza o exista una baja comunicación, los pobladores culpen a la empresa de posibles sequías. Por lo anterior es fundamental mantener la comunicación en todo momento, incluso después de cerrado el tranque, pero ¿qué tan posible es que esto se logre? Es un verdadero desafío pues, mientras el tranque siga allí, la empresa seguirá siendo parte importante de la comunidad.

9.1.4.4. Creatividad

¿Qué soluciones alternativas podrían efectuarse? ¿Hay efectos no previstos?

Aparte de la deposición en un sector lejano a comunidades, en un sector que asegure estabilidad del tranque de relaves (entre laderas de cerros, por ejemplo), con un suelo de baja permeabilidad para evitar filtraciones, que no afecte de gran manera ni la flora ni fauna del sector, evitando cercanías a flujos de aguas naturales, asegurando una correcta gestión física de este mediante una correcta utilización de las técnicas recomendadas y un constante monitoreo del estado del tranque, etc., como suele hacerse con otros tranques de relaves que han generado menos reparos en la sociedad, en este trabajo se cree que se hace necesaria una perspectiva más creativa a la tradicional, tomando más factores en consideración. Siguiendo el deber de *plus respicere*²⁵ de los ingenieros, a pregunta no es ya por el “cómo diseñar el tranque de relaves” sino por el “cómo debería diseñarse tal que se logre justicia con las comunidades cercanas, el medio ambiente circundante, y las generaciones futuras”, poniendo así en debate el si se debería construir un tranque de relaves. Esto

²⁵ El deber *plus respicere* es un término acuñado por Carl Mitcham [204] y que habla sobre la obligación de tomar en consideración más que aquellos aspectos técnicos en el diseño de artefactos y tecnologías, por ejemplo, la relación entre el artefacto en cuestión y sus posibles efectos en la sociedad.

se respondería mediante los principios de la Economía Circular, que se retomarán también en la pregunta sobre Desarrollo Sostenible.

Sobre la Economía Circular, es primordial pensar en valorizar el contenido, la recuperación de metales dentro de los relaves, y experiencias existen. Las metodologías tradicionales, como la vía física, hidrometalúrgica, pirometalúrgica y electrometalúrgica pueden ser efectivos para la recuperación de metales, sin embargo la baja ley de estos dentro de los relaves y la presencia de arsénico pueden causar problemas [168]. Por lo mismo es que alternativas como la biominería a través de la biolixiviación, biooxidación y bioprecipitación han sido exitosamente aplicadas para situaciones como la antes descritas [169], [170], también técnicas de recuperación de Materias Primas Críticas (MPC)²⁶ [171]. Otra alternativa es el uso de relaves como material de relleno, material de construcción, recuperación de energía y secuestro de carbono [172]. Sin embargo, las barreras de la industrias aún son altas pues las compañías mineras se centran en las actividades operacionales centrales que la recuperación de metales menores, y no tienen incentivos para escalar la tecnología, y también existen barreras económicas al ser esta una inversión alta y se requieren altos tiempos aún para el payback [168]. A raíz de lo anterior, se podría decir que efectos no previstos estarían principalmente en lo económico ante la alta incertidumbre para realizar una inversión tal. Además, trabajos han recalcado la complejidad de valorizar relaves viejos que ya han sido estabilizados y cerrados, por lo que conviene no esperar cerrar el tranque para analizar la opción de reciclarlo, y si se pretende analizar esta opción una vez cerrado el tranque, entonces habría que estudiar los potenciales impactos ambientales que traería abrirlo nuevamente para ser procesado [173].

Ahora, es curioso que los residuos sean vistos como actividad secundaria a la empresa y no como parte integral a esta, y que por lo mismo no tengan la misma prioridad en los análisis. El Cambio Climático ha demostrado que el medio ambiente no puede ser visto como un agregado secundario, y las múltiples protestas a nivel nacional ponen de manifiesto que la sociedad no es una entidad externa. Si no hay interés real en búsqueda de alternativas sustentables y circulares, entonces en el futuro tal vez sea demasiado tarde.

9.1.4.5. Desarrollo

Integral: ¿Se incluye e informa en la toma de decisiones a todos los grupos sociales de manera equitativa, con especial consideración por los grupos vulnerables?

Tal como se mencionó anteriormente, la comunicación con las comunidades es fundamental para el funcionamiento del proyecto. Y esto es tarea de la ingeniería, entendiendo a esta como no solo una labor técnico-económica, sino también como labor social dado el impacto que tiene dentro de la comunidad y la relación con el sector público. Se identificó además a la comunidad cercana, que vive principalmente de la agricultura y la ganadería, como el grupo más vulnerable de todos ante el proyecto de Tranque de relaves.

El hecho de que hayan existido protestas por parte de las comunidades deja en manifiesto que, desde un principio, a pesar de la EIA, no se incluyó ni hubo una comunicación efectiva con la comunidad. La elaboración teórica que existió detrás de la EIA puede parecer satisfactoria desde el punto de vista de quien revisó el documento, se puede hablar de comunicación permanente,

²⁶ Tierras raras y elementos del grupo de platino.

mantener al público informado, recibir consultas de la comunidad, pero si eso no se hace de manera activa en lo concreto, si no se escucha lo que tienen que decir por una supuesta ignorancia de las comunidades, entonces se está fallando en la tarea fundamental de comunicación con el entorno.

Si se analiza la situación, se observará que la lógica es “la empresa debe ubicar su tranque de relaves en un sector cercano a una comunidad, entonces esto se soluciona informándoles que debe ser así, enseñándoles que se tomarán todas las medidas que la tecnología tiene disponible para mantener la estabilidad física del depósito, y cualquier protesta es solo ignorancia de la gente, que se soluciona informando únicamente y atendiendo a sus consultas”. Lo anterior se cree ha sido el pensamiento hegemónico en la ingeniería, y se cree que hay problemas en ello, no porque no se crea que pueden existir malentendidos informativos, sino porque esto no se soluciona únicamente informando. La autonomía de las personas de decidir lo que ellas quieren es uno de los pilares en que se basa la democracia, y si nunca existió peso de su voz en la determinación del lugar de ubicación del tranque de relaves, entonces es muy probable que la comunidad se vaya a oponer al proyecto, aun cuando existan las mejores tecnologías operando en el proyecto. ¿Por qué? Por el solo hecho de no considerarlos en una decisión tan importante como es la ubicación del tranque de relaves. Tal vez, si tan solo hubiese habido una consulta ciudadana junto a reales debates sobre la ubicación de este, dando peso a la opinión de las comunidades como se hace una democracia cuando hay disensos, entonces diferente sería el resultado. De ahí entonces la importancia de integrar efectivamente y no simbólicamente a las personas en la toma de decisiones.

Lo rescatable del Acuerdo es que se hayan considerado obras que no estaban consideradas en la EIA, se haya asegurado la disponibilidad de agua a la población, y se haya remediado el conflicto siendo un factor positivo para la región, aportando al desarrollo de la comunidad. Como se mencionó anteriormente, en el Acuerdo hace falta aún una visión más a largo plazo, considerando el cierre del Tranque, con proyectos que desarrollen el turismo y la rehabilitación ambiental. Lo anterior debido a que se sabe que el plan de cierre especifica que se deben adoptar medidas para asegurar la estabilidad física y química del depósito, sin embargo, no menciona temas asociados a la remediación o rehabilitación del sitio minero [174].

Equilibrado: ¿Se aporta de manera balanceada y equitativa a todos los grupos sociales, con especial consideración por los grupos vulnerables?

De acuerdo con la responsabilidad social con que se comprometió la empresa se contará con una ONG cuyo propósito es fomentar el desarrollo de la comunidad, con un programa de apoyo a las PYMES, además, de un fondo de restauración de áreas verdes de la comunas donde está asentada la empresa y programas fomento de la educación y capacitaciones mediante un programa de becas. También se destaca la generación de puestos de trabajo para la zona, pues de acuerdo con los supuestos, una cantidad aproximada de 6000 puestos de trabajos son ocupados por trabajadores de la zona. Empleo y fomento al desarrollo entonces son aquellos aportes que realiza la empresa a la gente de la zona, aquellos que son más vulnerables. Una pregunta que surge de estos empleos es la proporción hombres y mujeres en estos. Se sabe que generalmente en la minería existe una desproporción enorme en temas de género: al mirar solamente la minería a gran escala esta proporción es muy baja, con apenas 8,5% [175]. Este punto es importante para considerar que existe un desbalance en aportes según una perspectiva de género.

Sin embargo, el tranque también existe la posibilidad de que el proyecto influya negativamente

sobre parte del sector agrícola y el turismo, debido a contaminación de escorrentías superficiales y subterráneas, lo que puede sugerir un aporte desbalanceado por parte de la empresa hacia los pobladores dedicados a esta actividad. La postura de la empresa ha sido mitigar esos efectos mediante técnicas, como zanjas cortafugas y un sistema de drenaje por el muro, además de un constante monitoreo de la estabilidad física y química del depósito, con información amigable para la población, lo que es un aspecto positivo para destacar asumiendo que se recuperaron confianzas. Pero eso no cierra posibilidades concretas de contaminación, el riesgo sigue latente y sus consecuencias son demasiado graves para pasarlas por alto. Por lo mismo es que se cree que habría un mayor aporte al empezar a aplicar los principios de la Economía Circular, sobre todo al valorizar los relaves mediante procesamientos complementarios, complejizando así la economía chilena, dando valor agregado a productos antes vistos como desechos en un país muy dependiente de sus recursos naturales, además creando más puestos de trabajo para muchas personas (incluidas aquellas pertenecientes a la comunidad cercana al tranque) y reduciendo también residuos, disminuyendo con ello el impacto ambiental. De esta manera se haría más balanceado y equitativo los aportes que realiza la empresa.

Sostenible: ¿Se compromete de alguna manera el desarrollo del futuro? ¿Se puede diseñar el proyecto de manera circular y favorable social y ambientalmente?

El proyecto puede comprometer el desarrollo futuro a través de las infiltraciones de contaminantes, al estero que pasa cercano y a las napas subterráneas. Los contaminantes son generalmente metales pesados, entre los que destacan el Mercurio, el Molibdeno, el Hierro, el Níquel, el Manganeso, el Arsénico y el Plomo. Los efectos a largo plazo de estos metales sobre la salud humana son severos, tales como daños neuronales, al sistema nervioso, y efectos cancerígenos, por lo que a largo plazo pueden ocasionar hasta la muerte [176]. Además, en caso de que se produjera una falla sus efectos pueden tardar décadas en solucionarse [177], dependiendo del volumen del tranque de relaves, siendo además los costos de remediación altos. Entre los efectos de largo plazo se encuentra la pérdida de capacidad regenerativa de los ecosistemas acuáticos y terrestres, la bioacumulación de metales pesados y persistencia de metales pesados en suelos con los consecuentes cambios en la estructura y función del ecosistema afectado [165], que, como se dijo, pueden alcanzar distancias de cientos de kilómetros aguas abajo del tranque

Respecto al diseño del proyecto, este podría hacerse de manera circular aplicando tres principios de la Economía Circular a) la reducción de residuos, b) reutilización en otras áreas, y, yendo incluso más allá de la BAT²⁷, c) la valorización. El ejemplo de BAT que otorga el comité de expertos de Mount Polley apunta únicamente a la estabilidad física del depósito de relaves, mientras que el Documento de Referencia sobre las BAT para la gestión de residuos de las industrias extractivas [158] recomienda lo siguiente:

a) Reducción de residuos:

- Preclasificación y manipulación selectiva de materiales extractivos que en principio califican como subproductos / productos, p. ej. basado en propiedades detectadas visual, física o químicamente.

²⁷ El Documento de Referencia sobre las BAT para la gestión de residuos de las industrias extractivas hace una mención muy poco detallada sobre este punto.

b) Reutilización en otras áreas:

- Colocar materiales de extracción que, en principio, califican como subproductos / productos, combinado o no con agua y aglutinantes cementosos, en huecos de excavación, p. ej. para fines estructurales y / o de rehabilitación. Estas actividades forman parte integral de la operación de extracción. El término huecos de excavación incluye excavaciones superficiales y subterráneas.
- Utilizar materiales extractivos que, en principio, califican como subproductos / productos para fines internos o externos. Fines internos pueden ser rehabilitación de sitios, propósitos de construcción, como lodo betónico para las excavaciones, etc. Fines externos pueden ser para ventas en el mercado como productos de construcción cuando se cumple con los reglamentos o vender como materia prima para fines agrícolas (p. ej. uso de materiales con calcita o limo como mejoradores del suelo).

c) Valorización:

- Este punto no es muy detallado en el Documento de Referencia como los anteriores, debido principalmente a que la recuperación de residuos extractivos no es una práctica tan aplicada en Europa. Sin embargo, para alcanzar el modelo de Economía Circular, la valorización de los relaves es crucial. Al menos el Documento de Referencia sobre las BAT menciona que el reprocesamiento de residuos extractivos depende de varios factores, pero está principalmente vinculado a la viabilidad económica. Sin embargo, el trabajo de Araya et. al [171] indica que existe viabilidad económica y técnica para empezar a valorizar los depósitos de relaves mineros en Chile, sobre todo por su alto contenido de MPC, principalmente Vanadio.

Además, la valorización de los relaves está alineada con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sustentables) y el ODS 12 (Consumo y Producción Responsables) al minimizar el flujo de residuos [178].

Estas medidas debieran ser utilizadas bajo un orden de prioridad siguiendo lo propuesto por Stahel [51], dando prioridad a ciclos cortos y locales. De este modo, prioridad es la reducción de los residuos, luego de ello aplicar el reuso del residuo, y, por último, la valorización (equivalente al reciclaje), por ser esta más intensiva en uso de energía que las anteriores.

En conclusión, existe evidencia de que se puede diseñar el proceso de forma circular bajo una cultura restaurativa, solo faltaría voluntad y real interés por cambiar la manera de diseñar los procesos mineros.

9.1.4.6. Bien común

¿Cómo se afecta a la generación y distribución de riquezas sociales y bienestar?

De acuerdo con los supuestos planteados, la empresa minera que gestiona el tranque aporta al PIB regional con un 4,5%, una cantidad de US \$420 millones al año 2018, junto a la creación de 6000 puestos de trabajos para la región. Además, las políticas de Responsabilidad Social

Empresarial establecen la fundación de una ONG cuyo propósito es fomentar el desarrollo de la comunidad, con un programa de apoyo a las PYMES, además, de un fondo de restauración de áreas verdes de la comunas donde está asentada la empresa y programas fomento de la educación y capacitaciones mediante un programa de becas, con una inversión de US \$ 40 millón al año 2019. Conjuntamente a lo anterior, la empresa logró un Acuerdo con la localidad que implica un Fondo de Desarrollo Comunitario con un monto fijo anual de 500 millones de pesos durante 10 años. De este modo se potencia el desarrollo de la localidad donde antes las actividades no contaban con tanto capital. Otros beneficios importantes son las obras que asegurarían disponibilidad de agua para el consumo humano y para otras actividades históricas definidas por la comunidad, como el pastoreo, y también el reforzamiento de los planes de emergencia y contingencia en caso de problemas en el tranque.

Se cree que, para aportar al bien común, este debe ser un trabajo permanente, pues permanente sería el establecimiento del tranque de relaves. Un cierre adecuado con estrategias definidas por el Documento de Referencia el Documento de Referencia sobre las BAT, por ejemplo, teniendo en cuenta la naturaleza y duración de los riesgos y peligros residuales, es importante. Además, monitorear calidad de aguas superficiales y subterráneas, aun después del cierre, resulta necesario, pues los efectos de aguas contaminadas en las personas son a largo plazo, no inmediatamente visibles. Si la empresa decidió ubicar un tranque de relaves cuyo volumen es de extremas proporciones (de los más grandes de Latinoamérica), en un terreno cercano a comunidades y escorrentías de aguas, entonces el compromiso por el bienestar y bien común de las personas debe ser primordial y permanente.

Uno de los problemas detectados, sin embargo, es que las empresas cierran eventualmente, o son compradas y mutan en algo diferente, lo que complejiza la visión a largo plazo de estos acuerdos por el bienestar de las comunidades, y finalmente son los Estados quienes terminan haciéndose cargo de los pasivos mineros que se forman. ¿Cómo asegurar que el bienestar que pueda causar la empresa tenga duración de largo plazo a las comunidades? La complejidad de cierre de tranques de relaves radica en la limitada información disponible sobre cómo estas estructuras envejecen a lo largo del tiempo y la predicción de escenarios de carga y ambientales durante largos períodos de tiempo (eventos climáticos, sismicidad, actividad humana, etc.) [179]. Además, la investigación sobre el cierre de presas de relaves se ha centrado históricamente en la planificación del cierre, con un enfoque limitado en cómo la instalación puede evolucionar con el tiempo [180].

Este es un caso donde los perjuicios, aún con un acuerdo con las comunidades, no son visibles a primera vista, sino que son probables a largo plazo, y los beneficios, producto del acuerdo, son a corto plazo, por lo que podría verse como una inversión positiva. Ahora bien, ¿cómo equilibrar los beneficios de ahora con los perjuicios del mañana? Se cree que el estudio de aplicaciones alternativas, como las propuestas en el principio de Creatividad, pueden solucionar este problema tal vez no hoy, sino a futuro.

9.1.4.7. Cooperación

¿Puede el proyecto cooperar con algún otro bajo una cultura sustentable?

De acuerdo con la literatura, faltan actualmente cadenas de valor y especialmente PYMES para la valoración de las corrientes secundarias de la industria minera, como los relaves [168]. Esto es una enorme oportunidad para generar relaciones cooperativas entre empresas que deseen valorizar

los tranques de relaves, partiendo desde la escala. También se puede hacer simbiosis con empresas que deseen utilizar el relave como material de construcción o relleno. Esto estaría considerado dentro de una cultura sostenible y regenerativa pues, como dice la Fundación Ellen MacArthur, estaría apuntando hacia un sistema circular mediante colaboración eficaz entre cadenas y entre sectores. Otra idea que surge es la de interactuar y colaborar con centros de investigación, universidades o agencias gubernamentales para que puedan realizar investigaciones sobre las posibilidades de valoración del tranque de relaves en cuestión, ya sea en la extracción de metales o en el uso de la matriz completa, y que se pueda innovar en tecnologías para hacer el proceso sustentable.

Otra idea que surge a partir de esta pregunta es la generación de un proyecto conjunto para innovar en la deposición de relaves. Esto es, mediante la creación de un consorcio entre empresas mineras grandes que busque invertir en una tecnología no usada, ya sea para valorizar el relave o para disponer mediante una manera innovadora esta. Un ejemplo de esto es la tecnología Wasteless Mining (WLM), ideada y propuesta por JRI Ingeniería. Esta tecnología consiste en depositar los relaves en el pit de la mina, mientras que el mineral es extraído vía block-caving, en otras palabras, debe pasar de método rajo abierto a subterránea. En la zona de hundimiento del block-caving existiría primero una capa de sedimentos que evitarían la dilución del relave al mineral, y además los relaves sería depositados como una pasta mediante aditivos, impidiendo aún más algún tipo de dilución. Estos procesos se realizarían simultáneamente, la explotación y la deposición de relaves en el pit. Este método tiene importantes beneficios ambientales de acuerdo con los autores: sin grandes presas de relaves, sin polvo, un área de mina más pequeña y sin drenaje de agua ácida [181].

En suma, el proyecto sí puede cooperar con otros bajo una perspectiva restaurativa y sustentable.

9.1.5. Acciones a seguir

A partir del análisis se detecta que los desafíos que tienen el tranques de relaves analizado son enormes, debido a las cercanías a un poblado de alta vulnerabilidad que vive de la agricultura y la ganadería, su ubicación en una cuenca hídrica importante para la zona, y cercano a un estero, los altos riesgos en que se incurre en caso de que exista una falla, dado el gran volumen del tranque, además del rechazo que en un principio suscitó el establecimiento del tranque, principalmente por criterios técnicos y económicos pero sin haber realizado una efectiva comunicación a las comunidades cercanas. Existe la necesidad de la minera, por un lado, de dejar sus residuos en un sector con buenas cualidades, como baja permeabilidad de suelo, cercano a laderas, y cercano a la minera, pero también el derecho de las comunidades de vivir en un medio ambiente libre de contaminantes, esto último a pesar de que hoy no exista contaminación, pero, ¿qué asegura que mañana no exista una falla en los sistemas de contención de contaminantes, o peor, una falla en el muro del tranque que contamine kilómetros aguas abajo? Si se aplicara el principio precautorio del principio de Reflexión Crítica en la decisión y se respondiera sinceramente la pregunta ligada al principio de Consciencia Social, entonces es posible que se haya descartado la opción de ubicar un tranque de relaves de tal magnitud en un terreno recorrido por cuerpos de agua y a unos pocos kilómetros de una comunidad, pues ante eventos que pongan en grave peligro la salud humana y el medio ambiente entonces la falta de certeza científica no debe ser condición para postergar la adopción de medidas efectivas para la prevención de estos daños y la disminución de los riesgos a

un nivel “tan bajo como razonablemente pue da ser”, y, en caso de que no puedan disminuirse estos riesgos a uno tolerable, entonces es preferible buscar formas alternativas de gestionar los relaves, las cuales sí se presentaron en las respuestas a la HAIN.

Entre las alternativas está el dar un enfoque de riesgo al problema, esto es, enfocado en prevenir o reducir en la medida de lo posible los riesgos específicos que se identifican mediante una adecuada Evaluación de Impacto y Riesgo Ambiental, y esto se halla bien documentada en el Documento de Referencia sobre las BAT para la gestión de residuos, y también el enfoque circular, en que los residuos extractivos son re-minados en vez de abrir nuevos depósitos, que también se aborda en el documento referido, pero no de manera tan profunda, aunque esfuerzos se están haciendo en esa dirección [182], lo cual es positivo. A partir de la HAIN se dieron varias alternativas, la gran mayoría acordes a los principios de la sustentabilidad en su enfoque circular, dando énfasis en el orden de aplicación de la EC, quiere decir, primero reducir los residuos, luego reutilizarlos, y por último ver la opción de valorizar los relaves. Sin embargo, también se dieron cuenta las barreras, principalmente dadas por la renuencia de empresas de innovar en proyectos de alta incertidumbre y el desconocimiento por parte de los tomadores de decisiones sobre tecnologías ad-hoc a una valorización de los relaves.

También está la opción de disminuir la cantidad de desechos produciendo menos, pues el volumen del tranque de relaves es demasiado grande. Habría que analizar cómo impactaría esto en el crecimiento de la minería, y con ello el crecimiento económico nacional. Pero ¿qué tan importante es el crecimiento económico para una nación como Chile? ¿acaso no es posible empezar a pensar en estrategias para que el objetivo central del país sea ya no el crecimiento económico sino la sostenibilidad de los medios de vida? Existen en la actualidad movimientos que claman por el decrecimiento en países ricos como EE. UU., poniendo énfasis en que los actuales ritmos productivos y de consumo son insostenibles. “Si la humanidad no quiere destruir los sistemas de soporte vital del planeta, la economía mundial debería desacelerarse” dice Giorgos Kallis, economista ecológico de la Universidad Autónoma de Barcelona en su libro “Degrowth” [183]. Ese mismo espíritu puede empezar a primar en la actualidad en un país intensivo en su uso de recursos como cobre desde su estado mineral en la tierra para el consumo. Ahora, se entiende que en un escenario como el chileno tal vez el debate aún no es tan vigente, y reflexiones como esta requieren de más datos para analizar en qué áreas correspondería producir menos, y dónde existen oportunidades aún para mejorar la eficiencia de la industria, también como impactaría en la calidad de vida de la población una estrategia drástica como esta. En fin, son varios los aspectos a considerar pues se requieren políticas públicas enfocadas para este fin, que transformen el actual modelo de desarrollo del país y fomenten la resiliencia en una población que no conoce de otros estilos de vida.

Por último, se podría decir que existe el pensamiento hegemónico de que, si se incurre en demasiados gastos, o es muy largo el periodo de plazo de recuperación de la inversión, el negocio no es atractivo, por lo que se posterga así la decisión. Que hay que esperar a que el precio de los metales suba para recién empezar a aplicar reutilización de los residuos, mientras habrá que contentarse con la mejor tecnología disponible a momento para mantener estable el depósito de relaves. Sin embargo, ese pensamiento niega los verdaderos costos a los que se incurre al no iniciar la reutilización y reciclaje del tranque de relave, actividades positivas para el medio ambiente y, por qué no, la economía y la sociedad. Se requiere un cambio no solo de discurso sino de mentalidad que apunte no solo a los beneficios económicos, que tal vez no son tan altos hasta el

momento, sino a los sociales y ambientales, aquello no analizado en los análisis económicos ortodoxos. Se sugiere empezar a aplicar circularidad ahora, mediante las alternativas de valorización propuestas, incluso aunque eso disminuya las utilidades privadas respecto a la decisión de postergar a un futuro, a un mañana incierto que tal vez sea incierto.

9.1.6. Discusiones

Los HAIN estratégica permite al ingeniero o ingeniera reflexionar sobre un proyecto cuyo alcance sea de largo plazo. Por lo mismo, cabe decir que en esta herramienta no se debe responder las preguntas con respuestas binarias, sino más bien dar paso reflexiones que pudieran estar siendo invisibilizadas producto de la lógica técnica y económica que priman detrás de las decisiones generalmente. Se cree también que la HAIN estratégica, además de ser parte de la evaluación de proyectos entre cada etapa, tal como ideó en un inicio Martínez, pueda ser usada para reevaluar un proyecto en ejecución, para así cuestionar si está acorde a la BEP según pasan los años de su puesta en marcha. Este puede ser motivo del surgimiento de una idea, que se puede transformar, siguiendo las etapas de la evaluación de proyectos, en un proyecto concreto.

Actualmente esta herramienta se ocupa en el curso Taller de Proyectos del DIQBM. Esto es positivo pues insta a que estudiantes evalúen no solo proyectos previos a su ejecución sino proyectos en los que ellos se integran. Ahora, se cree que no solo la HAIN estratégica debe ser enseñada sino también la BEP, pues una correcta aplicación de la herramienta requiere pensar en los valores éticos que promueven esta. También se debe promover la discusión entre el grupo que estudia el proyecto a la hora de responder las preguntas y evitar que la respuesta sea dada por una sola persona como puede ocurrir en la división de labores. Es el debate franco, crítico y transparente el que otorga a la herramienta la oportunidad de mostrar todas sus potencialidades.

Respecto de las actualizaciones, se observa que la *Reflexión Crítica* tiene una mayor relación con el Cambio Climático, estudiando si el proyecto influye en este fenómeno, ya sea mediante la emisión de GEI o la reducción en la capacidad de adaptación del medio producto de los cambios producidos por tal fenómeno climático. En la aplicación de la herramienta al caso se dio cuenta de que es probable que el mismo Cambio Climático tenga efectos sobre el proyecto, los que muchas veces no están presentes en los análisis de riesgos pues se asume escenarios tomando en consideración el clima recurrente pasado, y no se tienen en cuenta las incertidumbres que conlleva este evento climático. La otra pregunta, enfocada a canalizar los problemas rescatados de la primera, también se asocia al Cambio Climático mediante un análisis de medidas de mitigación y adaptación a este fenómeno que pudiesen ser tomadas como soluciones a los problemas dados a conocer. Esta pregunta debe ser respondida técnica y políticamente, pues cada medida propuesta puede ser o no suficiente para los realmente afectados por el Cambio Climático.

Los principios de *Integración, Desarrollo Integral y Desarrollo Equilibrado* ahora consideran las diferencias sociales de las partes interesadas en el proyecto. El primero de estos agrega una pregunta que tiene por objetivo identificar aquellos grupos socialmente más vulnerables, pues la historia ha demostrado que son los grupos que resultan de forma desigual más perjudicados ante proyectos. Los análisis de vulnerabilidad de los grupos sociales son construidos a priori mediante análisis cualitativos, aunque no se niega el uso de herramientas más sofisticadas para medir vulnerabilidad de grupos sociales mediante un trabajo interdisciplinario con trabajadores sociales, por ejemplo.

El *Desarrollo Integral* por su parte se actualizó para integrar efectivamente a todos los grupos sociales tomando consideraciones desde un principio por aquellos grupos vulnerables pues existen desequilibrios iniciales que pueden torcer los beneficios hacia un lado particular. Ahora, tampoco se espera que se reduzca la integración de las comunidades argumentando en la existencia de la Participación Ciudadana (PAC) dentro de las EIA o DIA, pues existen aún algunas falencias en esta instancia de participación²⁸. Por lo mismo es que aún existen conflictos entre la ciudadanía y proyectos ya aprobados, por lo que la pregunta que surge entonces es ¿son realmente eficaces los mecanismos legales de participación ciudadana? Se cree que aún falta en ese sentido, que aún no existe diálogo efectivo, donde el objetivo sea el bien común más que la reducción de impactos ambientales, que es necesaria más no suficiente para perseguir este aspecto.

La actualización al *Desarrollo Equilibrado* apuntó a tomar en consideración a aquellas comunidades antes identificadas como vulnerables. Un punto importante que no se debe omitir es la componente género, pues bien se puede demostrar que existen desequilibrios en, por ejemplo, los empleos entregados por una compañía y la calidad de estos, beneficiando más a hombres que a mujeres. De ahí la importancia de dar un enfoque de género en la respuesta.

En el principio de *Desarrollo Sostenible* con la actualización abre paso a la EC, a reflexionar sobre las posibilidades existentes para que puedan ser aplicados sus principios. Es importante que los ciclos de la materia sean eficientes para ser sustentables, es decir, no cualquier ciclo es amigable ambientalmente, de ahí el énfasis que se hace en ese punto dentro de la pregunta. Mientras más pequeño el ciclo, más rentable y eficiente en recursos este es, de acuerdo con Stahel [51]. Con esto se quiere decir que existen formas óptimas de aplicar la EC, ya sea mediante un uso adecuado de los recursos o una reintegración a los ciclos de forma local o regional (para evitar costos dobles de transporte). Se debe optimizar el ciclo, mediante una correcta gestión de stocks y manteniendo el valor, calidad y rendimiento de los bienes y materiales que son producidos.

Respecto a la actualización realizada al *Bien Común*, el hecho que se relacione este con el concepto de nación a raíz de la misión de la Universidad de Chile puede traer conflictos, sobre todo frente a grupos sociales que no se sienten parte de la nación como ocurre con ciertas etnias en el país. De ahí que se empieza a hablar de ciudadano, no desde una perspectiva legal, sino más bien como un persona perteneciente a una comunidad social, sujeto o sujeta a derechos y también a deberes, con una identidad propia y cualidades que lo hacen único o única, pero a la vez igual en su constitución a sus pares. Este ciudadano o ciudadana, entonces, independiente de su identidad nacional, merece ser incluido dentro de las consideraciones que hace el equipo de ingenieros en su análisis en los aportes a las riquezas sociales y el bienestar de las personas.

Por último, la *Cooperación* entre los actores toma un rol esencial en la HAIN. Lo que busca es extender las fronteras del proyecto para incluir a otros actores que pudieran ser útiles, ya sea en la gestión de residuos o en la utilización de subproductos. Así se estaría aportando con formas que apuntan hacia una Economía Circular, aquella donde incluso con cooperación se cierran ciclos en la materia. De ahí la importancia que tiene la simbiosis industrial a la hora de formar proyectos. Relevantes han sido también la generación de parques eco-industriales, cuya conformación permite

²⁸ Desde ya la OCDE ha criticado severamente el marco regulatorio medioambiental del país, hablando de falta de recursos para institucionalidad ambiental, autonomía de autoridades ambientales, normas sobre contaminantes, participación sobre proyectos alternativos, en planificación territorial a todos niveles, aplicación de sanciones por delitos ambientales, entre otros [205].

que se compartan materias primas o que incluso no existan residuos, aliviando el estrés sobre el medio ambiente y sus recursos. Pero para lograr este punto se necesita de voluntad de los actores, y también interés real de conformar asociaciones con otras industrias que pueden verse como competidoras si se mira desde otra óptica.

Respecto del caso, la herramienta demostró que existían aún otras reflexiones faltantes, en particular respecto los riesgos asociados de la instalación del tranque sobre una cuenta hídrica, a la estabilidad futura del tranque, hacia las alternativas existentes que ofrece la EC, temas aún abiertos y que requerían una reflexión del equipo ingenieril a cargo. Ahora, hay que destacar que los resultados de la aplicación de esta herramienta dependen fuertemente de quién este respondiéndola, y eso fue demostrado en el caso, en que la HAIN perfectamente pudo haber sido respondida de forma poco transparente, dando, por ejemplo, un gran énfasis a lo positivo del acuerdo logrado con las comunidades cercanas pero invisibilizando lo negativo mediante una falta de visión a largo plazo o una falta de formas alternativas de manejar los relaves, entre otras formas incorrectas de abordar las preguntas.

Con esto se estima que la herramienta cumple dos criterios importantes: puede ser aplicable por profesionales de la ingeniería en el ejercicio profesional, entre las etapas de la evaluación de proyectos, dado que la extensión de la herramienta sigue siendo razonable según el tiempo que se puede disponer para evaluar un proyecto; y también da cuenta de ámbitos mínimos que han de ser analizados para promover la búsqueda del bien común, fin último de la ingeniería.

9.2. Caso HAIN para nivel táctico

Con el fin de entender de manera práctica la utilización de la HAIN táctica se procederá a realizar un análisis de un caso presentado durante las entrevistas que tiene que ver con la planeación de demanda para determinar niveles de producción de una planta y cómo un error de proyecciones puede tener un mayor impacto en la vida de las y los trabajadores de la empresa en cuestión. Este caso es de interés para la ingeniería química porque impacta directamente a la gente del área en que el profesional se desempeña, afectando incluso la propia labor personal y las relaciones con el equipo de operadores. Además, resulta atractivo debido a que no es visible a primera vista el dilema ético que existe al aumentar la demanda y formar un acuerdo con los trabajadores para que se cumpla tal mandato. Esta se trataría de una decisión táctica debido a que involucra una proyección sobre los niveles de producción, demanda prevista y porque involucra un horizonte de tiempo de escala de meses.

9.2.1. Antecedentes

El caso es presentado por el Sujeto 3, género femenino y se cita textual:

Donde trabajaba antes, en una planta, había más cosas que a mí no me gustaban pero que presencié. De hecho, fue una de las razones de por qué renuncié, por un tema de principios. Siempre he sido empática y de la idea de que todos tienen algo que aportar, que todos tienen algo bueno y que no puede ser que otro deje de lado su vida personal por cumplir en el trabajo. Yo jamás pediría eso a alguien, y eso es lo que se veía todo el tiempo allá. Los operadores eran visto como gente que está trabajando solo porque le pagan, entonces tienen que hacer lo que se le indique porque justamente se les está pagando. Por ejemplo, en general, en el sector donde yo

trabajaba, ellos trabajaban los días feriados. Allí trabajaban en tres turnos: mañana, tarde y noche, de lunes a sábado, con los domingos libres, salvo cuando había mucha demanda, donde se les pedía que trabajaran los domingos en turnos de 12 horas, día y noche, en turnos 4x2. En general se conseguían permisos para trabajar los feriados, a ellos se les pagaba más por lo mismo. La situación era que algunos no querían ir a trabajar los feriados, y allá era mal visto que se negaran a trabajar en un feriado, asumían que porque pagaban más la gente tenía que ir a trabajar y hasta contentos. A aquellos que no querían trabajar sus días libres los jefes, encargados de las áreas intentaban de convencerlos, y si no, eran vistos como que no estaban comprometidos, que tenían mala disposición.

Hubo un periodo en que, durante julio-agosto, se tomó la decisión de hacer turnos 4x2 porque se requerían más productos dada la alta proyección de ventas. Y, por como quedó la programación, hubo un turno que debía trabajar todos los fines de semana salvo la semana antes del 18 de septiembre, donde había dos días libres y el feriado de fiestas patrias, es decir, cerca de una semana libre, para luego volver a los turnos normales. La decisión que tomaron los trabajadores se basó en este hecho, y muchos hicieron planes con sus familias para esta semana de vacaciones. A mitad de los turnos 4x2 el área de ventas se dio cuenta que hubo un error en las proyecciones y que no necesitaban tanto producto, por lo que debían acabar este tipo de turno y con ello el acuerdo. Fue malo ese hecho puesto que los trabajadores ya habían hecho sus planes en base a este acuerdo. Lo que me parece injusto es que ellos (los jefes) esperan que el trabajador acepte y cumpla con los acuerdos, pero ellos no están obligados a cumplir con su parte del acuerdo. La actitud que me molesta es esa de “como empresa me di cuenta de que me equivoqué, bueno, no importa, no respeto el acuerdo”. Ni siquiera la forma fue la adecuada, en vez de comunicar “disculpen, nos equivocamos, es insostenible sostener este tipo de acuerdos” la actitud fue “ya no los necesitamos, vuelvan a los turnos normales, y si tienen atados no es nuestro problema”.

9.2.2. Aplicación de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones tácticas

Dado que el objetivo de la HAIN es la reflexión cualitativa, es que se procederá a estudiar el caso presentado desde las preguntas formuladas para cada principio de la BEP. El análisis se centrará en el ingeniero o ingeniera química en la posición de jefe del área de procesos. Esto pues se desea analizar a aquel que está en una posición con poder de decisión sobre los niveles de producción.

9.2.2.1. Justificación

¿Cuáles son las razones para tomar la decisión? ¿son estas justas?

Las razones son dadas desde el área de ventas en función de la demanda de mercado, por lo que podría decirse que el principal factor es el mercado en esta decisión. Pero ¿qué es lo que hace que esta sea una decisión unilateral? La causa radica en la cultura organizacional²⁹ que posee la empresa, que de acuerdo con la entrevistada veía al personal de operarios como meros instrumentos

²⁹ La cultura organizacional se define como un “conjunto no siempre monolítico de significados, presunciones básicas, valores y creencias compartidos por los miembros de una organización; que gobiernan el comportamiento relacionado con el trabajo; que distinguen a los miembros de una organización de los de otra, y que influyen en la forma en que una organización conduce sus negocios y cómo responde a su ambiente externo” [206].

pero no como personas con intereses también. El hecho que esta parte no sea tomada en cuenta en la decisión hace dudar de la justicia que tenga esta decisión.

Que sea justo implica también pensar en las implicancias de utilizar más recursos, y por ende aumentar la cantidad de residuos en base a los requerimientos del mercado es un debate profundo que conviene tocar en esta reflexión. Así, la justicia se puede pensar más en una utilización alternativa de recursos, como un aumento de recursos provenientes desde reciclaje, o un uso de energía alternativa mediante energías renovables. Además, que sea justo implica que deba pensarse en el bienestar de aquellos directamente afectados por esta decisión, como son los trabajadores, ¿es justo obligarlos a trabajar ahora en un turno de 12 horas por cambios en la dinámica del mercado? ¿se puede someter a mayores riesgos físicos y psicológicos con un turno así a las personas por una decisión tomada unilateralmente aun cuando existan beneficios económicos? ¿existen otras formas de equilibrar los perjuicios de la decisión con los beneficios de esta de tal forma que se pueda catalogar como justa? Pareciera que no existen muchos argumentos para decir que es justo aumentar la producción sin beneficios que no sean solo económicos, también han de ser de índole social, como son más vacaciones, flexibilidades laborales, etc., medidas que se pueden tomar mediante el diálogo entre trabajadores operadores y personal profesional.

9.2.2.2. Aptitud

¿Se tiene la suficiente formación para tomar la decisión?

Esta pregunta busca más bien una reflexión interna sobre las competencias del ingeniero o ingeniera a la hora de tomar la decisión de aumentar los niveles de producción. Analizando las competencias descritas en el punto 2.1 Aptitud de la BEP, según plantea el dilema,

Esta pregunta induce a una reflexión sobre las propias capacidades, sobre el propio actuar y sobre cómo existe una retroalimentación entre ambas. Así, por ejemplo, en el caso particular de aumento de producción y de cambio de turnos a uno más activo, para una comunicación eficaz las competencias abarcarían la capacidad de tacto y la capacidad de empatía con los operadores de las líneas, donde en base a un diálogo se establezcan claramente las condiciones del acuerdo de aumento de producción, bonos de bonificación por lo mismo, compromisos de las partes, aclaración de inquietudes, flexibilidad ante casos excepcionales de personas que tengan problemas durante este cambio, entre otros. En este diálogo resulta notoria la diferencia jerárquica entre el jefe del área de procesos y quienes operan las líneas de producción. Además, debe estar el diálogo que debe establecerse con el área de ventas, encargada de hacer las proyecciones, para ver posibilidades de errores en proyecciones antes de tomar la decisión, cosa que en realidad pareciera no pasó o no se tomó el peso suficiente.

Así, en este caso particular, donde la comunicación entre operarios y profesionales no era tan común (los mismos operarios le indicaron a la entrevistada: *usted nos trata como personas*), esta pregunta indicaría que el jefe del área no tendría suficiente formación en el área de competencias sociales. ¿Qué hacer? Aparte de potenciar esa área, se debe buscar ayuda en gente que sí está más capacitada, como puede ser la ingeniera a la que se realizó la entrevista, que indicaba tener altos grados de comunicación con los trabajadores. Obviamente, no puede recaer toda la responsabilidad en ella, pero ir acompañada de ella para que pueda mediar podría haber abierto mejor los canales de diálogo.

9.2.2.3. Razonamiento consensuado

¿Se presenta la información con rigurosidad y transparencia?

Analizar en profundidad la información proveniente de otras áreas es importante para hacer el bien en la ingeniería, pues con las competencias antes mencionadas el profesional debiera ser capaz de, con pensamiento crítico, estudiar todos los impactos que trae la información obtenida desde el área de ventas. Una vez que sea confirmada esta proyección, se debe informar a cada unidad operacional que tiene el profesional a su cargo, con transparencia, la situación. Hay que comunicar con rigurosidad en el sentido de entregar incluso los márgenes de error en proyecciones. Y por lo mismo se requiere tener un plan B ante el surgimiento de eventos.

Existe también la pregunta por sobre cómo esta decisión podría ser cuestionada por parte de los trabajadores, y cómo actuar ante tal hecho. Antiguamente era común que ante cuestionamientos por parte de quienes se tiene a cargo la respuesta era callar al otro y obligarlo a trabajar. Actualmente se cree que esa práctica debe ser erradicada pues atenta contra la buena conducta profesional el ejercer liderazgo por la fuerza. Lo mejor es comunicar la decisión teniendo en mente que, siguiendo el planteamiento de Humberto Maturana, no se puede utilizar el argumento de ser objetivo (una *objetividad sin paréntesis*) y además tener un acceso privilegiado a la realidad frente a los demás, de que es un solo mundo el que existe (el propio) para obligar y demandar obediencia a los demás, pues la autoridad fue otorgada a aquel que mayor posición tiene dentro de la escala jerárquica dentro de la empresa. Debe ser un desafío ético la construcción de un espacio de trabajo *Maturaniano*, quiere decir, donde todos los puntos de vista sean igualmente legítimos y escuchados pues múltiples son la cantidad de mundos observados que surgen de la mano de quien la mira, sean estos operarios o supervisores. La invitación es a que el jefe del área de procesos se ponga los anteojos de la *objetividad entre paréntesis* e invite y seduzca a los demás a consensuar a la hora de tomar la decisión, pues no hay objetividad dadas nuestras condiciones biológicas de percepción de la realidad, en que no podemos vislumbrar entre ilusión y percepción, y que a todos les haga sentido tanto la decisión como el acuerdo. Que se coordinen sus dominios de acción y no exista espacio para la negación del otro, como se dio finalmente en el caso, sino que exista aceptación mutua fundada desde el amor, construyendo así un buen sistema social dentro del espacio de trabajo.

9.2.2.4. Manejo de riesgos

¿Qué riesgos puede traer la decisión? ¿qué precauciones se deben tener?

Es trabajo del profesional averiguar y verificar antecedentes pasados en que se haya aumentado la producción, cómo actuaron las líneas productivas, cuál fue la reacción de los trabajadores de estas líneas, cómo se impactó en la calidad de vidas, si hubo mayor agotamiento en estos y cómo se mitigaron riesgos asociados a la sobrecarga a la que podrían no estar acostumbrados los operadores.

Si no hay experiencias previas de aumentos de producción, entonces conviene revisar la evidencia. Así, por ejemplo, un turno de 12 horas se asocia con más molestias cardiovasculares y musculoesqueléticas que uno de 8 horas, turnos de 9 a 12 de trabajo se asocia con disminución del estado de alerta y aumento de la fatiga, disminución de la función cognitiva, disminución de la vigilancia en las tareas o aumento de lesiones, además de un aumento en el consumo de alcohol y de tabaco, y aumento de peso [149]. También cabe analizar la componente de género, teniendo en mente que las mujeres generalmente tienen doble carga laboral, una en la fábrica y otra en su hogar,

por lo que un aumento en las horas de trabajo deterioraría aún más la calidad de vida de ellas. Con los antecedentes antes dispuestos, conviene tomar precauciones avisando con anticipación acerca de los planes de aumento de producción, para que exista tiempo de preparación y organización en los trabajadores, y al momento de comenzar el plan es menester comunicarse en todo momento con las y los operadores, preocupándose por la calidad de vida de estos, ofreciendo pausas activas, flexibilidades en los horarios de inicio de trabajo, entre otras medidas que sirvan para quitar tensión.

También existen riesgos económicos en la decisión, los que efectivamente resultaron concretarse, pues la proyección de la demanda resultó errónea. Este riesgo debió ser previsto y haber existido un plan de contingencia. Tomar precauciones que involucren por completo al equipo de trabajo, con medidas reparatorias para los trabajadores al poner fin al acuerdo de aumento de producción.

9.2.2.5. Integridad

¿Puede la decisión entrar en conflicto con los estándares de buena conducta profesional?

Habría que analizar cuál es el código de conducta de la empresa para responder correctamente esta pregunta. Así, por ejemplo, puede que uno de los puntos hable de que se deben evitar prácticas explotadoras en cualquier punto de la cadena de suministros, o cualquier conducta que pase sobre los derechos humanos de los trabajadores, sean estos sobre otros supervisores o los operadores de línea. De esto se desprende que se deben tomar medidas para hacer de este aumento en el ritmo de los turnos conlleva medidas de flexibilidad con los trabajadores, medidas de comunicación constante poniendo en énfasis el bienestar de estos. Y si no existiera tal código de ética, de igual modo el cuidado por el bienestar de quienes se tiene a cargo es deber profesional. Otro estándar de buena conducta puede verse en conflicto en caso de que los trabajadores estén trabajando bajo condiciones poco saludables o seguras, por lo que la preocupación de que estén dadas las condiciones necesarias para un aumento de ritmo productivo debe ser menester para el jefe del área.

También se requiere sinceridad y transparencia a la hora de entregar la información del aumento de demanda, ¿los trabajadores sabían lo que pasaría si las proyecciones no eran correctas? Hay que tener en consideración el hecho de que los trabajadores piensan que el profesional tiene toda la información, por ende, un error que afecte las vidas de ellos disminuirá la reputación de este mismo, y por asociación, la reputación de los profesionales de la ingeniería en general, lo que va contra el principio que indica que se debe velar por el cuidado y prestigio del gremio.

9.2.2.6. Responsabilidad

¿De qué manera la decisión afecta a otras partes, sea en el contexto interno o externo de la empresa, en el presente y/o futuro?

Dado que este es un análisis *ex post*, se pudo observar que, en efecto, sí se afecta negativamente a otras partes, principalmente dentro del contexto interno de la empresa al equipo de empleados de las líneas de producción involucrados. Se afectó la configuración de sus vidas, perjudicando sus planes vacacionales y con ello sus ritmos familiares. Puede que no parezca grave en un principio, pero si se va produciendo una acumulación de errores, de falta de comunicación y transparencia, entonces esto a largo plazo puede estallar en manifestaciones contra todas las autoridades a cargo,

lo que tiene repercusiones en la imagen de la empresa, y en la concreción de otros proyectos futuros que deseen aplicar por falta de motivación y de objetivos en común con los operadores. Así, los impactos futuros de la decisión, aunque invisibles en un inicio, se ven agravados por hechos de carácter acumulativo como este. En el contexto externo se afecta la disponibilidad de recursos naturales con un uso más intensivo de estos, que se estudiará en la siguiente pregunta.

¿Puede comprometer esta decisión la limitada disponibilidad de recursos naturales?

Depende de la materia prima usada en esa industria y la forma de conseguirla, si es desde sus fuentes naturales o desde reciclaje. Por ejemplo, suponiendo de que se trabaja en la industria del papel³⁰, de acuerdo con los Análisis de Ciclo de Vida el consumo promedio de materia prima es de 5 a 80 m³ de agua fresca [184], 5000 kwh de energía, y 1,03 ton de pulpa [185] por cada tonelada de papel producida. Con ello se pueden calcular cuántas hectáreas hay que talar para conseguir tal cantidad de pulpa (de acuerdo con M'Hamdi et. al [185] son 1,35 ton de madera las requeridas para hacer tal cantidad). Son los Análisis de Ciclo de Vida los que permiten pensar cuánto más de cada materia prima habría que utilizar, y cómo sería el impacto sobre el planeta el uso excesivo de los recursos. Por ende, esta decisión sí aumenta el uso de recursos naturales, por lo que de esta pregunta surgen las preguntas de si se podría aumentar la producción con menos recursos, o incluso si en realidad es tan necesario aumentarla. Esto se puede responder mediante la Economía Circular, que últimamente ha estado fuertemente estudiada y fomentada para cada industria. Así, por ejemplo, es posible encontrar en literatura formas de reciclar papeles, recuperar recursos desde las aguas residuales, reutilizar agua usada en el proceso, etc., que son medidas tomadas para disminuir el impacto ambiental y hacer eficiente el uso de recursos.

¿Qué conflicto podría despertar esta decisión en las partes interesadas? ¿se toma en cuenta a todas estas?

En general los conflictos, con resultados de mayor desconfianza y tensiones, se dan cuando no se transparenta toda la información, cuando no existió consideración de la opinión de las partes afectadas, cuando no es una decisión de agrado para una de las partes, o, como en el caso de estudio, cuando el acuerdo no fue cumplido tal como fue estipulado entre las partes, entre otras formas de comunicación poco efectiva. Si se tomara en cuenta a todos los grupos sociales involucrados en esta decisión, en particular los directamente involucrados, como las diferentes áreas de la empresa que toman la decisión de aumentar la producción, como los profesionales del área de ventas, aquellos del área de procesos, y por su parte también los operarios involucrados en las líneas de producción, entonces tal vez el conflicto de operarios en descontento por no cumplir el acuerdo hubiese sido diferente. Debido entonces a que la decisión de aumentar la producción y cambiar los horarios de los operarios fue unilateral es que se argumenta que no se toma en cuenta a todos los grupos involucrados.

Ahora, es posible entrever de la entrevista que el trato hacia los operadores no era el óptimo, que existían conflictos desde antes entre las escalas jerárquicas, lo que hace que la potencialidad de los conflictos sea más latente, aún con el más ligero error. Así, esto se convierte en un problema estructural de la cultura organizacional existente en la empresa más que en una particularidad del

³⁰ En realidad, puede aplicar a cualquier industria en que se desenvuelva el profesional de la ingeniería, sea este minería, papel y celulosa, alimentos, químicos, etc. En este caso particular, dado que la entrevistada no dio datos de la empresa por seguridad, se asumirá que se trabaja en la industria del papel.

caso en cuestión.

9.2.2.7. Equidad y respeto

¿Tomar esta decisión compromete el respeto y dignidad de los demás?

Sí se puede faltar al respeto y dignidad de los demás con la decisión de aumento de producción. No es notorio a simple análisis, pero tal como mostraron los resultados fallidos de la proyección en ventas, se alteraron los panoramas que tenían los trabajadores para sus vacaciones de septiembre ya que en agosto se volvió al esquema normal de trabajo, perdiendo sin derecho a réplica las vacaciones largas que tenían programadas. Y, de acuerdo con la entrevistada, tampoco la forma de comunicación del error en las proyecciones hacia los trabajadores fue la correcta, perdiéndose el respeto sin considerar tampoco la propia dignidad de ellos. Con esto se puede demostrar que en ciertas decisiones en apariencia técnicas existen dilemas éticos invisibles a simple vista, los que, de no ser resueltos apropiadamente, pueden conllevar a problemas graves para las partes involucradas en la decisión.

Una reflexión correcta sobre este hecho hubiese primero pensado en qué pasaría si las proyecciones no son las correctas, ¿se mantendrá o no el acuerdo?, y si no es posible mantener el acuerdo, se deben pensar estrategias de comunicación en donde lo que se busque sea la reconciliación y renegociación entre las partes. La comunicación efectiva se forma cuando existe equilibrios en poder, por lo mismo que empoderar a los trabajadores resulta un deber ético para lograr equilibrio en cualquier negociación.

¿Cómo promover la equidad y la diversidad en la toma de decisiones?

Se puede promocionar la equidad y diversidad en la decisión incorporando al personal de operarios en la toma de decisión. Esto puede parecer contrario a la tradicional enseñanza de que es la persona experta quien toma la decisión y los operarios tienen la tarea de obedecer únicamente, pero este punto busca justamente eso, diversidad en las opiniones. Se podría argumentar que se incurrió en reuniones con otras y otros ejecutivos, lo cual podría significar una promoción del principio de equidad y respeto, y efectivamente es así, pero se espera que el pensamiento vaya más allá con la reflexión considerando las opiniones de otros grupos aparte de los ya mencionados, como por ejemplo, la opinión de los mismos operarios frente al hecho de cómo enfrentar la mayor carga de trabajo, como creen que sería mejor la organización, cómo distribuir mejor las tareas, y por último (que fue lo faltante en el caso presentado por la entrevista), qué pasaría si las ventas no son las suficientes. Esto es necesario en el sentido de fomentar democracia en los propios establecimientos de trabajo.

Empoderar, de manera correcta y efectiva, al equipo de empleados en la toma de decisiones fomentaría aún más la democracia, además de generar un sentimiento de compromiso colectivo en torno a las metas establecidas, incluso pudiendo incrementar la productividad de la empresa [186]. Pero más allá de las utilidades para la empresa en todo esto, incluir a operarios y operarias repercute positivamente en el bienestar de estos mismos. Así, es que la literatura recomienda un cambio en la cultura organizacional desde el patrón tradicional de estructura jerárquica a la gestión participativa y de empoderamiento del personal, al brindarle a estos últimos mayores satisfacciones laborales mediante, eso sí, una comunicación efectiva por parte de los supervisores [187]. De hecho, como dice Marshall Sashkin en su estudio, la gestión participativa de personas es un

imperativo ético dado que, correctamente implementada, satisface las tres necesidades humanas en el trabajo, esto es: autonomía y control sobre el propio comportamiento, finalización o logro de una tarea y contacto interpersonal en el contexto de las actividades laborales, y que no satisfacerlas es dañino para los empleados, tanto física como psicológicamente, por ende, no practicarla iría contra el principio ético de no hacer daño activo a otras personas [188]. Según Sashkin, la gestión participativa de personas sería la única forma de satisfacer este imperativo en cuanto de labores de trata.

Esto no es una tarea fácil, y debe ser estudiada de acuerdo con factores de contingencia como las particularidades del lugar de trabajo, el estado psicológico de los trabajadores, la cultura organizacional presente, la interdependencia entre los trabajadores en sus líneas, las oposiciones que existirían desde más arriba, los cambios en la tecnología, entre otras variables. Así, para el caso de la entrevistada, se recomendaría que los esfuerzos participativos vayan con lentitud dada la desconfianza que existiría entre los trabajadores y los supervisores y gerentes. De todos modos, esto es parte necesaria de la reflexión para promover la equidad y diversidad.

9.2.3. Acciones a seguir

Lo que pretende mostrar el caso es que aun cuando la decisión de aumentar los niveles de producción aparentemente no conlleva reflexiones éticas pues se supone, y la literatura así dice, que las decisiones tácticas son decisiones técnicas cuyo único objetivo es el de satisfacer los requerimientos del mercado, sí se estaría tomando en efecto una decisión con posibles conflictos éticos. No se niega que uno de los objetivos sea satisfacer el mercado, sino más bien se desea mostrar el carácter político y ético de estas decisiones en apariencia técnicas de los tomadores de decisión. El compromiso del profesional por hacer bien su trabajo debe motivarlo a ver más allá de los alcances técnicos de las decisiones, pensando en la arista ética de los problemas.

Así, la aplicación de la HAIN mostraría que mediante esta decisión se reconfigura la vida de los trabajadores, quienes tenían planeadas vacaciones en un fin de semana en particular, previo a fiestas patrias, que no pudieron ser. En consecuencia, por un error den la proyección de demanda se deterioraron aún más las confianzas entre ambas partes, operarios y profesionales. Este es un problema no solo de falta de diálogo, la falta de diálogo es síntoma de un problema sistémico mayor sino, de una cultura organizacional que no toma el peso de la opinión de aquellas partes inferiores en la escala jerárquica, donde no existe voluntad siquiera al diálogo, que según la aplicación de la Herramienta podría solucionarse paulatinamente mediante la aplicación correcta y efectiva de los principios de la gestión participativa en las organizaciones.

Las reflexiones llevaron a pensar en la legitimación de la decisión, haciendo hincapié en la necesidad de formular estrategias para que los perjuicios que lleva trabajar más de lo recomendado a los trabajadores vayan de la mano con medidas benéficas como mayores vacaciones, flexibilidades ante eventualidades etc. También se destaca la importancia que tiene la competencia social que para el jefe del área de procesos al momento de comunicar y dialogar sobre la decisión que se pretende tomar, también a que no debe obligar a los demás en base al argumento de ser dueño objetivo de la verdad, de ser objetivo, sino que debe ser su tarea consensuar con las partes, principalmente los trabajadores, fomentando la construcción de un espacio social donde todos los puntos de vista sean legítimos. Se deben tomar en cuenta también los mayores riesgos que conlleva tener turnos de 12 horas, tanto física como psicológicamente, debiendo existir una constante

preocupación del estado físico y anímico de los trabajadores de las líneas productivas. Además, se debe respetar el código de conducta profesional de la empresa, y en caso de que no existiera tal, es deber profesional velar por el bienestar de quienes se tiene a cargo, cuidando del prestigio de la profesión.

Se recomienda así que, debido al carácter acumulativo que tienen los errores sobre las confianzas entre las partes, se debiera considerar a cada área involucrada a la hora de tomar la decisión, no solo al área de ventas como fue lo que ocurrió. Lo que ocurrió termino siendo una falta en el respeto hacia los operadores al no considerarlos y al no comunicar correctamente el error, terminando abruptamente el acuerdo. Es preferible negociar el término que hacerlo de manera unilateral.

Por último, se recomienda igual hacer un uso eficiente de recursos, junto a la aplicación de principios de la Economía Circular para disminuir el impacto ambiental que conlleva la decisión de aumento en la producción, que generalmente viene acompañado de un uso más intensivo de recursos naturales. Así, por ejemplo, se puede reutilizar el agua en caso de que sea este un recurso usado, además de utilizar materia prima proveniente de reciclaje, energía proveniente de fuentes renovables no convencionales, entre otras formas de disminuir los impactos ambientales.

9.3. Caso HAIN para nivel operativo

Con el fin de propósito de manera práctica la utilización de la HAIN operativa se procederá a realizar un análisis de un caso presentado durante las entrevistas que tiene que ver con la asignación de personal de un área a otra para tareas cotidianas y cómo esta decisión puede traer conflictos entre estas diferentes áreas si no se realiza de manera consensuada. Este caso es de interés para la ingeniería química porque, al igual que en el caso táctico, tiene un impacto directo sobre la gente de las diferentes áreas del lugar de trabajo, tensionando además las relaciones que podrían existir entre los mandatos. Esta se trataría de una decisión operativa debido a que involucra la asignación de las tareas diarias del personal, bajo un horizonte de tiempo de días.

9.3.1. Antecedentes

El caso es presentado por el Sujeto 2, género masculino y se cita textual:

Yo trabajé hace un par de años en una empresa de la industria agrícola. Esta industria trabaja en dos etapas durante el año: en la etapa de cosecha, que es cuando se cosecha y se procesa la materia prima, y la parte que tiene que ver con planificación y mantenimiento. Esto por un tema biológico: tienes tu cosecha, que se demora unos 6 meses en que tú la plantas y la cosechas, y luego tienes pocos meses para cosechar y procesas todo ese alimento, que dura entre 3 a 6 meses, aunque eso depende. Por esa razón, la planta trabaja en dos etapas, y a diferencia de otras plantas que trabajan todo el año, esta se prepara durante 6 meses para trabajar los otros 6 meses a tope. Entonces, para procesar el alimento y obtener el producto final tienes entre 3 a 6 meses, por lo que necesitas que tus equipos no fallen. No es como otras plantas en que puede ser que puedas retrasarte un par de días por una falla, aquí no es así, aquí un par de días es mucho dinero de pérdida. Y tienes otros 6 a 9 meses en que planificas todo para que funcione todo perfecto durante la producción. No voy a entrar en detalles sobre la etapa de producción porque tiene que ver con mantener los equipos funcionando, que todos los parámetros estén en lo correcto, que salga buen

producto, etc. Respecto a la etapa de Planificación, existen tres pilares: el primero es el de Mantenimiento, es decir, limpiar los equipos, abrirlos, engrasarlos, etc. Y está todo esto planificado en un orden. El segundo pilar es el de Mejora Continua (M.C.), donde después de toda una temporada tú ves cuales fueron tus problemas, tus cuellos de botella, y en qué puedes innovar. El tercer pilar es el de planificar cómo vas, logísticamente a recibir y procesar toda la materia prima y cuáles son tus metas y objetivos de la temporada en términos de rendimiento. Yo me enfocaré más en esta parte que en producción pues ahí es cuando tuve la mayor cantidad de conflictos éticos. Yo estaba a cargo del área de Mejora Continua, el área de Proyectos. Cuando llegué, los proyectos estaban prácticamente definidos, entonces yo solo tuve que estimar, dimensionar y dar solución a los problemas acordes, es decir, hacer cosas como proponer usar un intercambiador de calor, instalar nuevo piping, ver cantidad de materiales, los ajustes y el tiempo que se necesitarán, etc. También trabajé haciendo simulaciones y estimaciones. Fueron varias las cosas que estuve haciendo en realidad. Son proyectos que uno va semana a semana haciéndole seguimiento en su avance e implementación. En ese momento yo era relativamente nuevo, estaba bajo el ingeniero jefe de procesos, y teníamos a cargo cierta cantidad de personal, la que se encargaba de hacer nuestros proyectos. Respecto a los proyectos, hay momentos en que uno se da cuenta que las metas son muy ambiciosas y, ante atrasos, hay que priorizar ciertos proyectos dependiendo de su grado de importancia. Paralelamente estaba el equipo del área de Mantenimiento, con sus ingenieros y operadores, y para la gran mayoría de ellos no era tan relevante el área de proyectos tanto como su propia área. Lo que pasó en mi caso fue que nosotros íbamos bien y a tiempo en los proyectos, pero el área de Mantenimiento se atrasó, entonces tal área tuvo que trabajar horas extras, trabajar más rápido, etc. Y el conflicto surgió cuando mi jefe se fue de vacaciones, dos semanas, y luego de un par de días desde su salida, el ingeniero jefe de mantenimiento tomó la decisión de asignar los trabajadores de mi proyecto para el área de Mantenimiento. ¿Para qué? Para ponerse al día con su trabajo. Y esta decisión no se lo comunicó a mi jefe, y yo me di cuenta de eso porque los trabajadores de mi área no podían realizar las labores pues estaban siendo asignados a otras tareas bajo el argumento de que “él (el jefe de Mantenimiento) es el jefe, él manda”. Yo al principio decía “no hay problema, haz esa tarea, pero ¿mañana puedes trabajar en el proyecto?” y me decían que sí, que no habría problemas. Pero lo mismo ocurrió un par de días después, recurrentemente. Ya al tercer o cuarto día se empezó a transformar en un problema y lo que a mí me daba conflicto era que, estando mi jefe estaba de vacaciones, yo estaba solo con los trabajadores, y como era nuevo no tenía el mismo grado de importancia comparado al jefe de mantenimiento.

¿Entonces se podría decir que el jefe de mantenimiento podía tomar las decisiones unilateralmente durante ese periodo en que tu jefe estaba de vacaciones?

Exacto. Porque era el jefe, ya llevaba 20 años trabajando, era súper conocido, súper respetado, y yo, como llevaba relativamente poco en la empresa no tenía la misma autoridad, y la autoridad que tenía era en base a mi jefe, que en esos momentos estaba de vacaciones. Entonces, empecé a atrasarme en mis proyectos mientras que el área de Mantenimiento se ponía al día. En ese momento estaba bajo presión, y gerencia me exigía razones y yo respondía con la verdad, diciendo “los trabajadores están siendo asignados a Mantenimiento y no puedo avanzar porque no tengo mano de obra”, y la respuesta de ellos apuntaba únicamente a apurarme. A pesar de que aproveché ese tiempo para hacer proyectos de simulaciones, para ellos era super importante tener el proyecto físico avanzado porque es más importante el físico que algo que se hace en un computador. La segunda semana esto se empezó a repetir y tomé la decisión de encarar al jefe de

mantenimiento, decirle “sabes, esto me está perjudicando a mí, el que va a ser responsable de todos estos errores soy yo, yo necesito avanzar en los proyectos con los trabajadores que te asignaste”, y se dio una discusión muy fuerte, en la que finalmente ganó el mando mayor, es decir, él. Él me dijo “no, porque yo estoy a cargo en este momento, tu jefe está de vacaciones, yo tomo las decisiones tú no tienes derecho a reclamar nada porque eres nuevo”. No me quedó otra opción que hablar con mi jefe directamente, pues no podía quedarme de brazos cruzados. Le envié un mensaje urgente, disculpándome por interrumpirlo en sus vacaciones. Conversamos y le expliqué todo lo que ocurría, y él fue súper comprensivo diciendo que él arreglaría todo cuando volviera de vacaciones. Al día siguiente le comenté lo que conversé con mi jefe y el jefe de mantenimiento se limitó a aceptarlo. A los días seguí insistiendo, y pasé de ordenar a los trabajadores a sus labores a ver si tenían disponibilidad de trabajar, pasando a segundo plano, por lo que me tuve que dedicar a los proyectos de oficina. Una vez que volvió mi jefe, me preguntó qué pasó, el estado de los proyectos y luego discutió con Mantenimiento. Luego, me dijo que debíamos reorganizarnos, replanificar todo y así continuar. Por suerte algunos proyectos pudimos dejarlos detenidos porque no eran prioridad, dando las explicaciones correspondientes a gerencia sobre por qué no alcanzamos a realizar los proyectos, diciendo que preferimos reasignar personal porque la prioridad era Mantenimiento, ya que, si los equipos no están listos para producir, entonces no sirve de nada mejorarlos.

9.3.2. Aplicación de la Herramienta de Análisis Integral para decisiones operativas

A partir de lo anterior es que el dilema está entre ocupar trabajadores del área de Mejora Continua y lograr un acuerdo con quienes están a cargo de ella o no ocupar esos trabajadores y atrasarse en las tareas. Así entonces se procederá a la aplicación de la Herramienta creada para decisiones operativas, bajo el supuesto que se está en la posición del jefe del área de Mantenimiento, es decir, aquel que requiere personal para terminar sus tareas a tiempo y que en la realidad tomó la decisión unilateralmente de ocupar trabajadores de otra área para sus tareas, evitando el diálogo y el acuerdo debido a que el jefe de la otra área estaba de vacaciones y solamente estaba a cargo el ingeniero que fue entrevistado, que no tenía tanta autoridad como su jefe. Existirán otros supuestos dados los límites de la información entregada, con el fin de que al momento de visitar el ejemplo de aplicación se puedan realizar analogías entre las áreas en que los tomador de decisiones se desempeñan.

9.3.2.1. Justificación

¿Cuáles son las razones para tomar la decisión? ¿son estas justas?

Las razones hay que pensarlas buscando el origen del problema. Cuando uno tiene un conflicto es útil reconstruir la historia. ¿Por qué se llegó a este punto? Se debe pensar entonces en el origen del atraso, y es que al parecer existe un problema de planificación de proyectos que están siendo sobredimensionados, que no se determinan bien las horas humanas requeridas para la concreción de los proyectos. Se está operando con metas sobredimensionadas, que requieren gran cantidad de personal, y al parecer la empresa, de acuerdo con el entrevistado, estaba disminuyendo su cantidad de personal para disminuir sus costos, entonces lo mismo debió haber hecho el área pues su cantidad de personal no es el mismo de antes. Habiendo remediado esto antes se hubiese evitado el problema, u otros problemas futuros que probablemente seguirán ocurriendo si no se soluciona lo anterior.

Podría pensarse que la decisión de ocupar trabajadores de otra área resulta justa debido a que el área de Mantenimiento se un área crítica para el desempeño correcto de la planta durante la etapa de procesamiento de la cosecha. Entonces, bajo el paradigma de eficiencia, se podría justificar que es justo, pero se argumentará que en realidad esto es necesario, pero no justo. Lo justo tiene que ver con la correcta asignación de cargas sobre las partes, de modo que no existan desequilibrios. Por ende, no es justo pues existirían más cargas sobre el área de M.C. que sobre el área de Mantenimiento. ¿Cómo entonces equilibrar las cargas? Tal vez la respuesta se encuentra en el diálogo, tal vez acordando un uso turnado de los trabajadores del área de M.C. o usando una parte del equipo completo, así las cargas se verían más equilibradas.

9.3.2.2. Aptitud

¿Se tiene la suficiente formación para tomar la decisión?

Nuevamente se hará uso de las competencias mostradas en el punto 2.1 Aptitud de la BEP, en que según plantea el dilema, se requiere la capacidad de: 1. Reconocer las responsabilidades éticas, 2. Comunicarse eficazmente, y, 3. Funcionar eficazmente en un equipo cuyos miembros crean un entorno colaborativo e inclusivo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. En caso de que se crea que existan deficiencias para alguno de estos puntos, así, por ejemplo, en caso de que existan tensiones previas entre los equipos, la idea no tomar la decisión de manera tan rápida, a pesar de que así sea necesario según los cálculos realizados, sino más bien adentrarse con cautela a establecer un diálogo. Este diálogo ha de ser primeramente planificado en caso de que se desconozca la reacción del otro equipo, para tener vías alternativas de solución en caso de que existiesen resistencias a conversar. Por último, nunca está demás buscar una persona mediadora que fomente la creación de un espacio de apertura al diálogo.

9.3.2.3. Razonamiento consensuado

¿Se presenta la información con rigurosidad y transparencia?

Se debe ver que en la situación concreta el jefe del área de M.C. está de vacaciones, por ende se debe dialogar con el ingeniero, quien no tiene la misma experiencia ni autoridad que su superior ausente. Independientemente de que uno tenga una posición de superioridad sobre esta persona, merece que se le presente la información de forma transparente y rigurosa, demostrar que se está en una situación de atraso, a pesar de la mala imagen que esto puede formar en el otro. Dialogar con la sinceridad, presentando de manera rigurosa y transparente todos los pros y contras al incurrir o no incurrir en el acuerdo, incluso con alguien que está abajo en la escala de jerarquías dentro de la empresa, es tarea esencial en los profesionales de la ingeniería. También se debe tomar en consideración la situación del área de M.C., ¿qué pasa si ellos también están en una situación crítica? ¿no se pueden buscar trabajadores de otra área? ¿tal vez buscar un acuerdo de forma que ambas partes equilibren sus cargas? El mismo entrevistado confesó que el área de Mantenimiento es un área más crítica que M.C. debido a que *si los equipos no están listos para producir, entonces no sirve de nada mejorarlos*. De esta forma se demuestra existía predisposición a traspasar operarios.

Ahora, siguiendo con el espacio de trabajo *Maturaniano*, la invitación es a darle legitimidad al punto de vista del ingeniero, a pesar de que tenga una posición de inferioridad jerárquica, no negarlo como se realizó, incluso darle la oportunidad de aceptar o negar responsablemente la propuesta realizada (aunque ya se observó que existía predisposición). Las emociones en este juego

del consenso forman parte principal, aún más que la racionalidad supuesta, pues configuran en gran manera la forma de ver el mundo³¹, por lo que para comprender primero ha de reflexionarse sobre la emoción acerca el hecho particular. Lamentablemente se cree que es el pensamiento lineal aquel que resuelve todos los conflictos, “me ocurre un hecho X, debo hacer Y a como dé lugar para resolverlo, sin importar lo que desee el otro”. Será la reflexión consensuada la que logre poner solución a los conflictos, buscando la armonía en las relaciones con los demás pues la existencia se basa fundamentalmente en la coexistencia con la otra persona distinta a uno.

9.3.2.4. Manejo de riesgos

¿Qué riesgos puede traer la decisión? ¿qué precauciones se deben tener?

Existe la opción de que, en caso de que se rote personal de un área a otro, existan riesgos físicos asociados a la falta de experiencia en el área. Surge la pregunta de quién se hace responsable en caso de accidente de uno de los trabajadores trasladados por la falta de experiencia. Las precauciones que han de tomarse aquí deben involucrar una correcta capacitación a aquellos que desconocen el funcionamiento interno del área. También existen riesgos psicológicos que pueden traspasarse al equipo de operadores asociados al conflicto que pudiese existir entre los mandantes de las dos áreas, pues surge el miedo de ser responsabilizados de una decisión tomada desde arriba. Resulta parte del compromiso ético profesional el crear un área de seguridad física y psicológica para sus colegas.

Por otra parte, existen riesgos económicos al no incurrir en ninguna medida para paliar el atraso existente en Mantenimiento, por lo que las precauciones para evitar este riesgo sería dialogar con otras áreas para obtener más personal o contratar a más personas, siendo esto último parte de una decisión táctica. Se pone en manifiesto que la decisión de dialogar con otras áreas puede conllevar a conflictos, tal como ocurrió en el caso estudiado, si es que no se toman las medidas correspondientes para establecer un buen acuerdo entre las partes, evitando la unilateralidad como ocurrió realmente.

9.3.2.5. Integridad

¿Puede la decisión entrar en conflicto con los estándares de buena conducta profesional?

En primer lugar, no sería profesional la práctica de operar en base a amenazas o levantamiento de voz para imponer autoridad, realidad que se puso de manifiesto en los hechos según el entrevistado. Tampoco sería buena práctica la de actuar bajo la impulsividad, el trabajo del profesional debe necesariamente ser reflexivo siempre, manteniendo la compostura y buscando soluciones alternativas que no perjudiquen a las demás personas o al medio ambiente. Desafortunadamente, el jefe de Mantenimiento incurrió en una mala conducta profesional al unilateralmente hacer uso de trabajadores de otra área, a sabiendas de que no estaba el jefe de M.C., evitando cualquier acuerdo con el ingeniero trainee a cargo.

Ahora, asumiendo que se llegara a un acuerdo, una mala práctica sería, como se dijo, transferir responsabilidades a otros en la decisión tomada, en el sentido de no asumir las responsabilidades a las que uno concurre al establecer un acuerdo de este tipo. Otra mala práctica sería, en caso de

³¹ Citando a Maturana, “el observador se vuelve consciente de que el dominio racional en el cual él o ella construye sus argumentos racionales puede cambiar en la medida en que sus emociones y estados de ánimo cambian” [140].

establecer un acuerdo, formarlo en base a engaños, o a sabiendas de que no se cumplirán las condiciones. La sinceridad y transparencia son fundamentales a la hora de formar un arreglo entre las partes, y el compromiso de cumplirlo demuestra integridad en el profesional.

9.3.2.6. Responsabilidad

¿De qué manera la decisión afecta a otras partes, sea en el contexto interno o externo de la empresa, en el presente y/o futuro?

La decisión de no establecer un diálogo con el ingeniero a cargo de M.C. terminó afectando a este último dándole un mal momento, pues se vio intrincado en un dilema perfectamente evitable, no sabiendo si acudir a su superior que estaba de vacaciones, o trabajar en otra tarea que no estaba en los planes. Por otra parte, esta decisión termina atrasando a M.C. en su planificación, afectando el desempeño y con ello perdiendo la visión positiva que se tendría de ellos desde gerencia de planta. En el futuro se verían también tensionadas las relaciones entre ambas áreas, afectando la eficiencia de trabajo conjunto que merece tener una planta para una correcta performance. Ahora, si no se consiguen los trabajadores requeridos para estar a tiempo con las tareas planificadas, entonces se afectaría aún más la actuación de la planta pues los equipos no tendrían una correcta mantención, por ende, esta pareciera no ser una alternativa. Por lo anterior la única alternativa es el diálogo fraterno con el área de M.C., y como plan B en caso de no llegar a acuerdo, la ampliación del personal del área de Mantenimiento, aunque a partir de la entrevista la planta estaba muy constreñida en términos económicos, con hartos despidos y limitaciones. Bien se podría criticar esta práctica, pero esta es otra decisión, del tipo táctica además.

9.3.2.7. Equidad y respeto

¿Tomar esta decisión compromete el respeto y dignidad de las partes implicadas?

Los hechos demostraron que al no establecer un diálogo con el ingeniero trainee del área, se comprometió de gran manera el respeto y dignidad que merecía este como persona. La discusión en que se enfrascaron ambos terminó afectando más a este último pues es quién sufrió la injusticia y todas las consecuencias que conlleva esta en su área, afectando su desempeño y tal vez su visión frente a gerencia. Tampoco fue equitativa la decisión de hacer uso indiscriminados de trabajadores del área de M.C. pues no se consideró el peso necesario a la opinión que tenía el ingeniero a cargo de ellos, la cual estaba abierta a traspasar parte del equipo al otra área, pero no de la manera en que fue realizada esta decisión. Con esto se demuestra que la decisión de hacer uso de trabajadores de otra área sin consulta previa no es alternativa ética, al no respetar uno de los principios fundamentales de la BEP para nivel táctico y operativo, que es la equidad y respeto.

La decisión de dialogar, por otra parte, debe tomar el peso a la posición del área de M.C., aun cuando no tengan la misma posición en la escala jerárquica, respetar también su decisión acerca de cuántos trabajadores desea traspasar, aun cuando tal vez no sea lo suficiente según los criterios del jefe de Mantenimiento, pues tal vez tal área también tenga necesidades urgentes que cubrir. Ese es el modo de hacer cumplir lo estipulado en este punto, fundamental para las relaciones humanas existentes dentro de una planta.

9.3.3. Acciones a seguir

De los puntos antes respondidos se puede concluir que los pasos a seguir involucran la

necesidad de incurrir en un diálogo que sea efectivamente transparente, donde se presente la información de manera rigurosa y se llegue a un consenso, dando la oportunidad a la contraparte a oponerse a ciertos puntos y aprobar ciertos otros. Para ello es que se deben evitar malas prácticas, como lo son el uso de amenazas y levantamiento de voz para imponer autoridad y obligar al otro a ceder, pues esta no es la forma correcta de llegar a un acuerdo real. Se debe, en lo concreto, dar peso a la postura del ingeniero trainee (equidad) y respetar cualquiera sea su opinión respecto al tema (respeto).

Ahora, se deben tomar medidas precautorias en caso de que se traspasen trabajadores, realizando capacitaciones a aquellos que no se sienten con la suficiente experiencia de operar en ciertos sectores, con el propósito de evitar accidentes. Se deben asumir además las responsabilidades que se suman al lograrse un acuerdo, esto es, cumplir con los compromisos en los plazos estipulados.

9.3.4. Discusiones

Estas herramientas, que son dos sets diferentes de preguntas, fueron confeccionadas con el propósito de develar posibles dilemas éticos que pudieran surgir con la decisión, buscando aquellos que no son visibles a simple vista. Por supuesto que también resulta útil a la hora de reflexionar sobre dilemas muy notorios, sin embargo, aquellos que no son visibles, aquellos que surgen inesperadamente por falta de reflexión, resultan ser de mayor grado de interés.

Estas herramientas fueron hechas no para proyectos sino para decisiones que se toman en dos escalas de tiempo diferentes pero menores que aquella utilizada en los primeros. Estas escalas pueden involucrar meses para las decisiones tácticas y entre días a semanas para las decisiones operativas. Esta es una de las diferencias fundamentales entre la HAIN estratégica y las HAIN tácticas y operativa. Sin embargo, cabe preguntarse, ¿por qué desarrollar una HAIN táctica y operativa si ya existe una HAIN estratégica?

Se cree que en principio se podría responder la HAIN estratégica para un caso táctico u operativo pero quedarían muchas cosas sin resolver y algunas preguntas puede que ni apliquen, pues esta herramienta tiene un enfoque destinado a lo que son efectos a largo plazo sobre un conjunto mucho mayor de partes. No se niega que el contexto externo no se vea afectado por decisiones operativas y tácticas, pero no es el mismo el modo de reflexión sobre este tema. Tanto la HAIN táctica como la operativa se pensaron para estar más centradas en el contexto interno y en el desenvolvimiento de aquel profesional de la ingeniería con las partes dentro de la planta, sean estas partes profesionales de la misma u otras áreas de trabajo, los superiores o también aquellos operadores que de los que se es responsable. Se recomienda, para evitar el error de catalogar mal las decisiones, mirar los sets de preguntas y preguntarse cuál ayudaría mejor para descubrir más cosas que no se están viendo.

En otras palabras, la HAIN estratégica tiene un enfoque hacia las implicancias externas del proyecto, sin negar aquellas partes internas, mientras que las HAIN táctica y operativa tienen un enfoque hacia las implicancias internas de la decisión, teniendo además reflexiones sobre los efectos en el contexto externo, esto último mayor en la HAIN táctica que en la operativa.

Otro punto importante que se destaca de la utilización de las HAIN, tanto para decisiones

tácticas como operativas, es que las respuestas muchas veces tienen respuestas similares pero con distintos énfasis sobre el aspecto a abarcar. Esto es porque con las respuestas se va delimitando también una acción a seguir que es coherente para cada respuesta. No es que existan preguntas redundantes, sino que están interrelacionadas de diferentes formas, así por ejemplo, pensar en riesgos conlleva necesariamente pensar en conflictos, y estos conflictos llevan a pensar en cómo impactan sobre el respeto y equidad para con las personas, y así sucesivamente se va construyendo una vía de acción en base a los criterios éticos del tomador de decisiones.

Uno de los problemas que se posee ahora dentro de las HAIN táctica y operativa radica en que esta posee una BEP diferente a la BEP de la HAIN estratégica, cuando en realidad lo que se busca es que la BEP sea transversal al ejercicio ingenieril, y fue ese el propósito de Martínez desde un inicio en su trabajo. Sumado a esto, tener dos BEP en vez de una conlleva a confusiones en los tomadores de decisiones. La alternativa es en algún futuro trabajo formular una síntesis entre ambas BEP, analizando similitudes o extensiones de los principios de la BEP original con respecto de la BEP usada para las HAIN táctica y operativa.

También existió un problema por los tiempos invertidos en las respuestas de las HAIN. Para las decisiones tácticas, el tiempo involucrado puede no ser un problema, pues son decisiones en donde existe suficiente tiempo para dar respuesta, así uno podría demorarse un par de horas respondiendo cada punto a consciencia. El problema radica en el momento de contestar la HAIN operativa, donde existen limitaciones de tiempo dadas por la jornada laboral y las otras decisiones que deben tomarse. Si bien depende fuertemente de la experiencia y juicios de la persona domadora de decisiones el tiempo involucrado, al menos para la HAIN operativa se espera que la respuesta hasta la acción a seguir no sea más de 30 minutos, lo cual es mucho tiempo si se piensa que se pueden tomar varias decisiones operativas en el día. Una solución es la formulación de acrónimos para recordar los principios en momentos que se debe tomar una decisión de forma rápida (JARMIRE³², por ejemplo, o alguna adaptación modificando el nombre de algún principio) o a la realización de un punteo y conceptos claves, tal que reduzcan este tiempo considerablemente hasta el tiempo ideal.

Los casos presentados en entrevistas fueron de gran utilidad para la creación de las herramientas, pues en conjunto a códigos éticos estudiados se materializaron dos sets distintos de preguntas con el propósito de abarcar la gran mayoría de estos casos. Por supuesto que puede que, dada la infinidad de tipos de decisiones que se toman en la ingeniería, existan algunas preguntas que no apliquen, o preguntas que falten, pero como se dijo desde un inicio, el set de preguntas busca hacer el mejor ejercicio de cobertura posible.

Los casos estudiados de aplicación demostraron el uso de las herramientas, observándose que para cada pregunta existía una forma de responderla, pero al igual que la HAIN Estratégica, depende fuertemente de la disposición en que se encuentre el tomador de decisiones para responder las preguntas, quiere decir, depende de la exigencia y transparencia que se imponga esta persona como también de los datos que se tienen a la hora de tomar la decisión.

Cuestionarse aun cuando todo parezca ir bien es tarea esencial de un profesional, pues bien se dice que buenas intenciones pueden llevar a malos resultados igual si no se reflexiona lo suficiente.

³² Justificación, Aptitud, Razonamiento, Manejo de riesgos, Integración, Responsabilidad, Equidad.

De ahí que hubiese sido mejor estudiar estas herramientas ante casos donde el dilema ético aparecía menos evidente que en los casos estudiados, para ver la capacidad de esta en desvelar los conflictos. Sin embargo, la idea siempre fue utilizar casos entregados por entrevistas, y en estas se dieron cuenta de dilemas con conflictos posteriores. Hubiese sido tal vez más desafiante preguntar por decisiones operativas o tácticas que toman estas personas y develar, usando la HAIN, los dilemas que pudiesen surgir de estas, es decir, hacer un ejercicio *ex ante*. De todos modos, los casos estudiados sí resultaron interesantes para la ingeniería química y presentaban ciertos elementos que no fueron reflexionados lo suficiente antes de tomar la decisión. Los análisis mostraron que temas como la cultura organizacional o elementos del diálogo no estaban suficientemente trabajados como para tomar la decisión, y haber tomado medidas para mejorar estas componentes hubiese sido ideal.

Finalmente, analizando la aplicabilidad de estas nuevas herramientas en el ámbito laboral se mostró que esta se responde en tiempos razonables aunque aún existen desafíos para la HAIN operativa en cuanto a su extensión, por lo que hábitos y metodología para tener en mente sus principios pueden ser útiles. De igual modo se da cuenta que los principios abarcan ámbitos mínimos que han de ser analizados para promover la búsqueda del bien común, ya no solamente en el ámbito externo sino también en el ámbito interno de una empresa.

10. Discusiones y reflexiones generales

La HAIN busca que el bien común sea parte integral de los criterios para la toma de decisiones, y que, por lo tanto, no sea consecuencia de un agente externo, una mano invisible como indica Martínez [10]. Esta busca tensionar también la concepción de externalidad negativa y hacerla parte integral del proyecto. Se busca también que aquella noción de Responsabilidad Social Empresarial deba estar integrada dentro de una concepción más activa del rol del ingeniero, ya no esperando que las externalidad positivas sean un agregado, sino que sean producto esperado del proyecto, bajo una cultura restaurativa con medio ambiente y la sociedad.

Corresponde hablar de las limitaciones también de la Herramienta, entre las que se encuentra las mencionadas por Martínez en su trabajo, esto es, queda restringida al juicio del tomador de decisiones. Pero se cree que, para superar esta limitación, lo mejor es que se aplique mediante un trabajo en equipo, de modo que sea la franca, crítica y transparente discusión entre el equipo de ingenieros e ingenieras la que lleve a la decisión más acorde a la BEP. Se espera también que los tomadores de decisión declaren sus conflictos de interés, y puedan en lo posible ponerse en la posición original propuesta por Rawls [106], esto es, aplicando el velo de la ignorancia preguntándose qué querrían si no supieran quiénes son entre las partes interesadas. De este modo se aseguraría la justicia de forma imparcial. Ahora bien, tampoco hay que desconocer que existen grupos con mayor vulnerabilidad, y es a ese grupo también al que hay que darle mayor peso, sobre todo si son los mayormente afectados por la decisión.

Otra limitación, muy ligada a lo anterior, es que existen varias formas de aplicar la HAIN, pero se distinguen dos caminos generales que pueden producirse: existe el caso en que el tomador de decisiones no demuestre su crítica durante sus respuestas y sesgadamente destaque lo positivo mientras que lo que catalogue como negativo lo termine escondiendo pues de acuerdo con su criterio son estas cuestiones positivas lo importante. Así como pasa algunas veces con los ODS y la EC³³, puede que se lleven a cabo prácticas negativas que, por ejemplo, tal como está estructurado el proyecto no puedan ser evitadas sin un cambio en la forma de este, las cuales son matizadas mediante prácticas que no suponen un cambio estructural en el proyecto sino que aparecen como complementos adicionales. Se termina así invisibilizando la poca voluntad de cambio de las prácticas que se solían hacer pero ya no soporta el medio ambiente o la sociedad. Lamentablemente esto de ocultar lo negativo se da por la cultura punitiva existente respecto de las cosas malas que se realizan³⁴, desincentivando así la transparencia en los hechos, generando en la persona incentivos a no ser sincero sobre lo que se hace mal y se puede cambiar.

Por el contrario, existe el camino más recomendado y correcto se podría decir que tiene que ver con ser transparentes, esto es, mostrar tanto los efectos positivos como negativos, bajo el velo de la ignorancia de la posición original. Se debe para eso ir deconstruyendo la tendencia a ocultar lo negativo, y por lo mismo es que hay que enseñar cómo sería una buena forma de aplicar las herramientas. Es mediante la aplicación en casos que se intentó revelar una forma recomendada de

³³ Ver discusión sobre esto en sección de Antecedentes.

³⁴ Es común hablar de Cultura de la Culpa dentro de las organizaciones y cómo estas forman un impedimento para mejorar las prácticas de seguridad en empresas [207]. Ha, por el contrario, promoverse una Cultura Justa de seguridad, donde los operadores no son castigados por acciones o decisiones acordes con su experiencia y capacitación, aunque también una cultura en la que no se toleran las violaciones y los actos destructivos intencionales [208]. Por lo mismo, el desafío de esta cultura radica en compartir aprendizajes para evitar que estos se repitan.

responder las preguntas de la HAIN. Si los profesionales de la ingeniería tomaran este camino se irían reconstruyendo confianzas perdidas por todos los conflictos ambientales y sociales que han ocurrido históricamente. A la larga, ser transparente puede ser beneficioso, mostrando el lado negativo pero que con tiempo y voluntad puede cambiarse.

En suma, estos dos caminos tomados demuestran que la HAIN no garantiza que la persona tomadora de decisiones sea una persona ética. Es esta persona quien es dueña de la exigencia que da en sus respuestas. Mientras más transparente y más exigencia suponga, más bien se estaría respondiendo la HAIN. Para asegurar esta transparencia se requiere de un trabajo sobre la obligatoriedad de seguir los valores morales necesarios para la buena labor ingenieril, mediante, por ejemplo, una carta de compromiso vinculante para los futuros ingenieros e ingenieras de la FCFM. Lo que aquí y anteriormente en el trabajo de Martínez se realizó con las BEP puede ser un buen punto de partida, considerando que aplica para profesionales de la ingeniería química que se desempeñen en plantas de procesamiento, por lo que se requerirían algunas modificaciones de acuerdo las otras disciplinas que se imparten dentro de la Escuela de la Universidad de Chile, de modo de hacer de estos valores algo más general.

Las HAIN se proyectan en su uso principalmente en jóvenes profesionales o futuros profesionales no tanto por una supuesta baja resistencia al cambio en comparación a las personas con mayor experiencia, cosa que la literatura ha desmentido [189], sino porque usualmente estas personas, debido a su falta de experiencia, consultan sobre cómo actuar bien a personas con mayor experiencia, pudiendo en vez de lo anterior cuestionar con la herramienta las prácticas en el hacer recomendadas por otros. Por lo mismo es que se recomienda que las herramientas sean usadas durante la formación de los estudiantes, para así ir formando el hábito y los reflejos necesarios para que aquellos busquen el bien común en la decisión. Así es que a largo plazo estas herramientas se transformen en guías para aquellas personas con más experiencia, debido al recambio generacional que ocurre en los puestos de trabajo. Actualmente se enseña la HAIN en el curso de Taller de Proyectos, del DIQBM, y sería ideal extenderlo a otros cursos como Análisis de Procesos u otros donde se enseñe diseñar equipos, ahora que se cuenta con herramientas para ese tipo de decisiones.

Se recomienda, a la hora de enseñar esta herramienta, primero catalogar el problema y luego elegir la HAIN adecuada, para finalizar con la acción a seguir. Así, por ejemplo, en problemas de diseño de un equipo, en caso de que esté enmarcado en una planta con una producción ya dada, correspondería a una decisión táctica pues la planta no cambia significativamente su estructura. Con esto correspondería, para tal ejemplo, usar la HAIN táctica, destacando factores de cuánta energía se ahorra con el equipo nuevo, cómo disminuye los impactos ambientales, los riesgos que trae asociado la incorporación del equipo nuevo, con qué áreas habría que conversar para que la decisión no sea unilateral y no se imponga un criterio de objetividad para obligar, entre otras reflexiones que podrían surgir. De este modo se agregarían las reflexiones éticas a los criterios técnicos usados en aquellos problemas clásicos para la ingeniería química.

Cada HAIN cumple entonces su propósito adaptándose al trabajo de ingenieras o ingenieros, ya sea en su labor cotidiana, en sus decisiones de mediano plazo o en su labor de diseño de proyectos a largo plazo. Existió la dificultad del tiempo invertido en la HAIN operativa por lo que quedan pendientes una reducción en la cantidad de preguntas, pero sin que pierdan su sentido tampoco. También, otra tarea importante radica en pensar cómo adaptar la HAIN para que deje de ser antropocéntrica, entendiendo la importancia de las otras especies en el ecosistema.

Lamentablemente, debido a varios factores que tienen mucho que ver con el antropocentrismo es que muchas especies están en peligro de extinción como nunca en la historia, y la HAIN debe ya no solo preocuparse por las comunidades sociales, sino también comunidades de seres vivos. La pregunta es ¿cómo empatizar con otras especies del mismo modo que se las personas pueden empatizar entre sí? De todas maneras el trabajo ha buscado actualizar la herramienta para extender su uso e incluir aspectos no incluidos, sin cerrar la posibilidad de que en el futuro podría haber otras actualizaciones según las prioridades de nuevas generaciones.

11. Conclusiones

La ética en la ingeniería juega un rol importante en la vida social pues la ingeniería ha ganado significancia pública al impactar la vida de muchas personas, aún a lo largo del tiempo dependiendo de la decisión que se tome. Es deber del profesional de la ingeniería comprometerse no solo con hacer su trabajo, sino también con una reflexión constante sobre su actividad, más allá de los aspectos técnicos. Los problemas ingenieriles en su gran mayoría tocan problemas globales, en el sentido de que abarcan diferentes aristas que van más allá de lo técnico, y por lo mismo requieren ser pensados holísticamente. El hecho de que actualmente se valore más lo técnico que lo ético de las decisiones habla de un problema social y que condiciona la reflexión ética profesional. En este contexto fue desarrollada la versión original de la Herramienta de Análisis Integral (HAIN), para facilitar el proceso reflexivo asociado a decisiones estratégicas de ingeniería.

El presente trabajo tuvo como objetivo actualizar la HAIN abarcando principalmente tres puntos ligados con la sustentabilidad: Cambio Climático, Economía Circular y vulnerabilidades sociales. A partir de los estudios de literatura realizados se determinó la necesidad de estas actualizaciones en prácticamente la mayoría de los principios que componen la Base Ética Propuesta (BEP) de la que se desprende la HAIN.

También se extendió la HAIN, para cubrir decisiones de corto y mediano plazo, denominadas tácticas y operativas. La extensión de la herramienta fue sostenida por un análisis de códigos de ética internacionales y un conjunto de entrevistas a profesionales con diferentes niveles de experiencia.

Se actualizó la Base Ética Propuesta (BEP) original de la HAIN para proponer las nuevas BEP de las herramientas estratégica, táctica y operativa, coherentes entre sí, pero con algunas diferencias: la BEP estratégica tiene un enfoque más externo a las plantas industriales, mientras las BEP táctica y operativa mantienen un equilibrio entre los efectos internos y externos de la empresa donde se toma la decisión.

Se estudiaron las tres HAIN en diferentes casos obtenidos desde entrevistas y adaptados con algunos supuestos en caso de que no se contara con suficiente información. El primero de ellos fue el estudio sobre un tranque de relaves realizado primero a la fuerza y luego en base a un acuerdo con las comunidades que allí viven, estudiando también la alternativa que propone el uso de la técnica *Best Available Technology* (BAT). El uso de la HAIN estratégica sobre este caso demostró varias cosas, pero las principales es que es importante mantener el acuerdo y trabajo con las comunidades mientras el tranque de relaves esté en ese lugar pues no se sabe qué efectos a largo plazo puede traer. También se muestra que la técnica BAT considera muchos factores positivos a la hora de analizar los riesgos que trae el diseño de un tranque de relaves, ofreciendo técnicas alternativas de gestión de estos. Sin embargo, se da cuenta que hace falta un mayor énfasis en la aplicación de la Economía Circular sobre este desecho, el cual puede ser reducido en cantidad, reusado como material de relleno, o incluso valorizado por su contenido de diferentes metales, como tierras raras.

El segundo caso en estudio, para una decisión táctica, abarcó el problema que existió al no respetarse un acuerdo entre los operadores y la empresa. En este caso se asumió estar en la posición del jefe de planta, quién tenía el deber de buscar formas de aumentar la producción por un aumento

de demanda proyectada. Lamentablemente esta proyección resultó estar errada y el acuerdo se deshizo unilateralmente, considerando a los operadores como meros instrumentos más que personas. La HAIN reflejó un problema de cultura organizacional como también de falta de reflexiones sobre los efectos que produciría un error de la proyección sobre los trabajadores. Además, se cuestionó la legitimidad de la decisión pues implicaba someter a mayores riesgos al personal de operadores al trabajar estos durante mayores tiempos en continuo, sin flexibilidades laborales. Precaución y diálogo fueron elementos considerados como críticos en la decisión.

Por último se aplicó la HAIN operativa en un problema que hubo respecto a la asignación unilateral de trabajadores desde un área a otra. En este dilema se asumió la posición del jefe del área que requería los trabajadores de otra área para cumplir con sus tareas. demostrándose igualmente una falta de reflexión en su decisión. Se detectó como problema raíz el hecho de una mala planificación de tareas. La impulsividad por sobre la reflexión reflejó un problema con el tomador de decisión, que buen pudo pensar en la importancia de la capacidad de dialogar con otras áreas para tomar la decisión.

Se concluye que estas tres herramientas resultan útiles para guiar la reflexión y para revelar problemas éticos que de otro modo sería más complejo visualizar. Conviene aclarar que esta capacidad depende fuertemente de la autoexigencia y transparencia puestas por el tomador de decisiones. Así, si la persona tiene intereses previos sobre la realización del proyecto que terminen sesgando la respuesta difícilmente logrará la herramienta su objetivo develador. Ponerse en la posición original, tal juez evaluando a un imputado, ha de buscarse la justicia de forma imparcial.

Como proyección de estas herramientas se espera que tanto las BEP como las HAIN sean consideradas en la formación ingenieril porque así se generaría el hábito necesario de reflexionar mejor las decisiones, por muy técnicas que estas sean. Es importante transmitir que el fin último de la ingeniería es el bien común, y generar los valores que encaminen a las y los futuros profesionales de la ingeniería a transformar la sociedad en una mejor comunidad, donde el medioambiente sea igualmente valorado por su función en la mantención de un ecosistema equilibrado donde se genera la vida, es una tarea que se tiene delante y que no hay que olvidar de ningún modo.

12. Bibliografía

- [1] Cooperativa.cl, “Osorno: ‘Error humano’ provocó el derrame de petróleo en el Río Rahue, según el MOP,” 2019. [Online]. Available: <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-los-lagos/osorno-error-humano-provoco-el-derrame-de-petroleo-en-el-rio-rahue/2019-07-13/141731.html>. [Accessed: 08-Jan-2020].
- [2] Fiscalía de Chile, “Fiscalía de Chile | Región de Los Lagos | Los Muermos: Fiscalía presenta acusación contra ejecutivos de sanitaria por contaminación de estero Clavito,” 2019. [Online]. Available: http://www.fiscaliadechile.cl/Fiscalia/fiscalias_lagos/noticias_det.do?id=16148. [Accessed: 09-Jan-2020].
- [3] H. C. Luegenbiehl and R. F. Clancy, “Introduction: Engineering Ethics from a Global Perspective,” in *Global Engineering Ethics*, Elsevier, 2017, pp. 1–18.
- [4] J. Law and M. Callon, “Engineering and Sociology in a Military Aircraft Project: A Network Analysis of Technological Change,” *Soc. Probl.*, vol. 35, no. 3, pp. 284–297, Jun. 1988, doi: 10.2307/800623.
- [5] C. Mitcham, *Thinking Ethics in Technology. Hannebach lectures, 1995-1996*. Colorado: Div. of Liberal Arts and International Studies, Colorado School of Mines, c1997., 1997.
- [6] C. Mitcham and M. García de la Huerta, *La ética en la profesión de ingeniero: ingeniería y ciudadanía*. Santiago, Chile: Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Estudios Humanísticos, 2001.
- [7] E. Giménez Carbó, “Ética de la ingeniería civil. Reflexiones sobre el estado actual,” 2016.
- [8] J. Kovac, “American Chemical Society Codes of Ethics: Past, Present, and Future,” 2018.
- [9] J. Echevarría, *La revolución tecnocientífica*. Madrid, España: FCE, 2003.
- [10] R. Martínez, “Dilemas éticos en la ingeniería,” Universidad de Chile, 2012.
- [11] M. S. Fox, M. Barbuceanu, and R. Teigen, “Agent-Oriented Supply-Chain Management,” *Int. J. Flex. Manuf. Syst.*, vol. 12, no. 2/3, pp. 165–188, 2000, doi: 10.1023/A:1008195614074.
- [12] G. Guillén, M. Badell, A. Espuña, and L. Puigjaner, “Simultaneous optimization of process operations and financial decisions to enhance the integrated planning/scheduling of chemical supply chains,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 30, pp. 421–436, 2006, doi: 10.1016/j.compchemeng.2005.10.015.
- [13] M. R. Allen *et al.*, “Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,” 2018.
- [14] Ministerio del Medio Ambiente, *Tercer informe bienal de actualización de Chile sobre Cambio Climático*, 1st ed. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente, 2016.
- [15] M. H. Banaji, Mahzarin R. Bazerman and D. Chugh, “How (Un)ethical Are You?,” *Harv. Bus. Rev.*, vol. 81, no. 12, pp. 56–65, 2003.
- [16] D. Chugh, M. H. Bazerman, and M. R. Banaji, “Bounded ethicality as a psychological barrier to recognizing conflicts of interest,” in *Conflicts of Interest: Challenges and Solutions in Business, Law, Medicine, and Public Policy*, Cambridge University Press, 2005, pp. 74–95.
- [17] A. E. Tenbrunsel and D. M. Messick, “Ethical fading: The role of self-deception in

- unethical behavior,” *Social Justice Research*, vol. 17, no. 2. pp. 223–236, Jun-2004, doi: 10.1023/B:SORE.0000027411.35832.53.
- [18] O. Sezer, F. Gino, and M. H. Bazerman, “Ethical blind spots: Explaining unintentional unethical behavior,” *Current Opinion in Psychology*, vol. 6. Elsevier, pp. 77–81, 01-Dec-2015, doi: 10.1016/j.copsyc.2015.03.030.
- [19] K. A. Wade-Benzoni, L. P. Tost, M. Hernandez, and R. P. Larrick, “It’s only a matter of time: death, legacies, and intergenerational decisions.,” *Psychol. Sci.*, vol. 23, no. 7, pp. 704–9, Jul. 2012, doi: 10.1177/0956797612443967.
- [20] K. L. Milkman, “Unsure What the Future Will Bring? You May Overindulge: Uncertainty Increases the Appeal of Wants over Shoulds,” *SSRN Electron. J.*, Dec. 2011, doi: 10.2139/ssrn.1393535.
- [21] W. Aliento, “Engineers Australia commits to a low-carbon future,” *The Fifth State*, 2014.
- [22] Canadian Engineering Qualifications Board, “Public guideline: Principles of climate adaptation and mitigation for engineers,” 2018.
- [23] W. Aliento, “Engineers taking up the climate emergency mantle,” *The Fifth State*, 2019. [Online]. Available: <https://www.thefifthstate.com.au/innovation/engineering/engineers-taking-up-the-climate-emergency-mantle/>. [Accessed: 10-Jan-2020].
- [24] Comunicaciones FCFM - UChile, “Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile anunció sus compromisos frente al cambio climático - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - Universidad de Chile,” 2019. [Online]. Available: <http://ingenieria.uchile.cl/noticias/156970/fcfm-anuncio-sus-compromisos-frente-al-cambio-climatico>. [Accessed: 10-Jan-2020].
- [25] Escuela de Ingeniería y Ciencias and Escuela de Postgrado y Educación Continua, *Código de Ética*. Santiago, Chile, 2017.
- [26] Ellen MacArthur Foundation, “Economía Circular.” [Online]. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>. [Accessed: 03-Dec-2020].
- [27] “Australian Engineers Declare Climate and Biodiversity Emergency.” [Online]. Available: <https://engineersdeclare.org.au/>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [28] “Building Services Engineers Declare Climate & Biodiversity Emergency.” [Online]. Available: <https://www.buildingservicesengineersdeclare.com/>. [Accessed: 16-Apr-2020].
- [29] “Building Services Engineers Declare Climate & Biodiversity Emergency.” [Online]. Available: <https://www.civilengineersdeclare.com/>. [Accessed: 16-Apr-2020].
- [30] A. Cortina, *Ética mínima: introducción a la filosofía práctica*. Madrid, España: Tecnos, 2008.
- [31] M. Nachmany and E. Mangan, “Policy brief: Aligning national and international climate targets,” *Policy briefs*, no. October, p. 8, 2018.
- [32] Matt McGrath, “Climate change: Emissions edge up despite drop in coal,” *BBC News*, 04-Dec-2019.
- [33] ONU programa para el medio ambiente, “La Brecha de Emisiones 2019,” 2019.
- [34] Prensa Presidencia, “Alianza de Ambición Climática: Las naciones impulsan una acción de alto nivel para 2020 y lograr neutralidad de carbono para 2050,” 2019. [Online]. Available: <https://prensa.presidencia.cl/comunicado.aspx?id=102012>. [Accessed: 11-Jan-2020].
- [35] CNN Chile, “Chile se compromete a lograr que 70% de la energía usada en el país sea renovable a partir del 2030,” 2019. [Online]. Available: https://www.cnnchile.com/cop25/cop25-chile-energia-renovable-2030_20191210/.

- [Accessed: 11-Jan-2020].
- [36] “Home | Climate Action Tracker.” [Online]. Available: <https://climateactiontracker.org/>. [Accessed: 11-Jan-2020].
- [37] S. Simons, “Chemical engineers: start answering climate change questions now,” *The Chemical Engineer*, Feb-2018.
- [38] Asamblea General de las Naciones Unidas, “Resolución N° 55/2, de 13 de septiembre de 2000, por la que aprueba los Objetivos de Desarrollo del Milenio,” 2000.
- [39] M. Woodbridge, “The Sustainable Development Goals (SDGs), the centerpiece of the 2030 Agenda for Sustainable Development, were adopted by the United Nations Sustainable Development Summit in September 2015. This briefing sheet explains the formation of the SDGs and exami,” *Urban Issues*, vol. 01, no. 01, p. 04, 2015.
- [40] Asamblea General de las Naciones Unidas, “Resolución N°70/1,” 2015.
- [41] Naciones Unidas, “Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible,” *Web Page*, 2017. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Accessed: 24-May-2020].
- [42] Y. Zeng, S. Maxwell, R. K. Runting, O. Venter, J. E. M. Watson, and L. R. Carrasco, “Environmental destruction not avoided with the Sustainable Development Goals,” *Nat. Sustain.*, pp. 1–4, Jun. 2020, doi: 10.1038/s41893-020-0555-0.
- [43] O. Forestier and R. E. Kim, “Cherry-picking the Sustainable Development Goals: Goal prioritization by national governments and implications for global governance,” *Sustain. Dev.*, p. sd.2082, Jun. 2020, doi: 10.1002/sd.2082.
- [44] UNESCO, *Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development*. 2010.
- [45] WFEO, “A Plan to advance the achievement of the UN Sustainable Development Goals through engineering,” Paris, Francia, Oct. 2018.
- [46] Ellen Macarthur Foundation, “Hacia Una Economía Circular: Motivos económicos para una transición acelerada,” *Fund. Ellen MacArthur*, p. 22, 2012.
- [47] O. E. Ogunmakinde, “A review of circular economy development models in China, Germany and Japan,” *Recycling*, vol. 4, no. 3. MDPI AG, 2019, doi: 10.3390/recycling4030027.
- [48] O. Persson, “What is Circular Economy? - The Discourse of Circular Economy in the Swedith Public Sector,” Uppsala University, Uppsala, Suecia, 2015.
- [49] S. Lei, X. Lu, B. Jun, and Z. Bin, “Circular Economy: A New Development Strategy for Sustainable Development in China.”
- [50] C. R. . Mohanty, ““Synergizing Resource Efficiency with Informal Sector towards Sustainable Waste Management’ Reduce, Reuse and Recycle (the 3Rs) and Resource Efficiency as the basis for Sustainable Waste Management,” Nueva York, Estados Unidos, May 2011.
- [51] W. R. Stahel, *The performance economy: 2nd edition*. 2010.
- [52] S. Guohui and L. Yunfeng, “The Effect of Reinforcing the Concept of Circular Economy in West China Environmental Protection and Economic Development,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 12, pp. 785–792, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.proenv.2012.01.349.
- [53] Ellen Macarthur Foundation; McKinsey & Company, “Growth within: a circular economy vision for a competitive europe,” *Ellen MacArthur Found.*, p. 100, 2015, doi: Article.
- [54] P. Schroeder, K. Anggraeni, and U. Weber, “The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals,” *J. Ind. Ecol.*, vol. 23, no. 1, pp. 77–95, Feb. 2019, doi: 10.1111/jiec.12732.

- [55] K. Kümmerer, J. H. Clark, and V. G. Zuin, “Rethinking chemistry for a circular economy,” *Science*, vol. 367, no. 6476. American Association for the Advancement of Science, pp. 369–370, 2020, doi: 10.1126/science.aba4979.
- [56] K. Kümmerer, D. D. Dionysiou, O. Olsson, and D. Fatta-Kassinos, “A path to clean water,” *Science*, vol. 361, no. 6399. American Association for the Advancement of Science, pp. 222–224, 20-Jul-2018, doi: 10.1126/science.aau2405.
- [57] “Ministerio del Medio Ambiente da inicio al comité estratégico de la Hoja de Ruta de Economía Circular,” *País Circular*, 06-May-2020.
- [58] “Economía Circular – MMA,” *Ministerio del Medio Ambiente*. [Online]. Available: <https://mma.gob.cl/economia-circular/>. [Accessed: 11-May-2020].
- [59] Break Free From Plastic, “Branded Vol. II: Identifying the World’s Top Corporate Plastic Polluters Executive Summary,” 2019.
- [60] B. Suazo Páez, “Economía Circular en Chile: Alcances, problemas y desafíos en la gestión de la ley REP,” Santiago, Chile, Dec. 2017.
- [61] N. A. Ashford, “Alternatives to Cost-Benefit Analysis in Regulatory Decisions,” *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 363, no. 1, pp. 129–137, 1981, doi: 10.1111/j.1749-6632.1981.tb20726.x.
- [62] N. A. Ashford and C. C. Caldart, “Economic Issues in Occupational Health and Safety,” in *Technology, law and the working environment*, Washington, DC: Island Press, 1996, p. 641.
- [63] N. A. Ashford, “Implementing the Precautionary Principle: incorporating science, technology, fairness, and accountability in environmental, health, and safety decisions,” *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, vol. 17, no. 1, pp. 59–67, 2004.
- [64] “Risk management: Cost Benefit Analysis (CBA) checklist.” [Online]. Available: <https://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpcba.htm>. [Accessed: 13-Jan-2020].
- [65] “Risk management: HSE principles for Cost Benefit Analysis in support of ALARP.” [Online]. Available: <https://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpcba.htm>. [Accessed: 13-Jan-2020].
- [66] P. Baybutt, “The ALARP principle in process safety,” *Process Saf. Prog.*, vol. 33, no. 1, pp. 36–40, Mar. 2014, doi: 10.1002/prs.11599.
- [67] FAO and PNUD, *Guía de análisis costo beneficio. Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en Uruguay.*, vol. 53, no. 9. Montevideo, 2019.
- [68] E. B. Abrahamsen, H. B. Abrahamsen, M. F. Milazzo, and J. T. Selvik, “Using the ALARP principle for safety management in the energy production sector of chemical industry,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 169, pp. 160–165, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.ress.2017.08.014.
- [69] E. Posner and E. Weyl, “Cost-Benefit Analysis of Financial Regulations: A Response to Criticisms,” *Coase-Sandor Work. Pap. Ser. Law Econ.*, May 2014.
- [70] M. D. Adler and E. A. Posner, “Rethinking Cost-Benefit Analysis,” *SSRN Electron. J.*, 1999, doi: 10.2139/ssrn.164902.
- [71] División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, “Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo,” 1992. [Online]. Available: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>. [Accessed: 11-Jan-2020].
- [72] R. Andorno, “The Precautionary Principle: A New Legal Standard for a Technological Age,” *J. Int. Biotechnol. Law*, vol. 1, no. 1, Apr. 2006, doi: 10.1515/jibl.2004.1.1.11.

- [73] Ministerio del Medio Ambiente, “Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022,” 2017.
- [74] “Proyecto de ley que fija Ley Marco de Cambio Climático.” 2020.
- [75] E. Costa Cordella, “Precautionary Principle and Chilean Environmental Regulation: Working without instructions, but working.”
- [76] H. Jonas, *El principio de responsabilidad*, 1st ed. Herder Editorial, 1995.
- [77] G. Gutierrez, “Las diferencias entre un profesional Junior, Semi Senior y Senior.,” *LinkedIn*, 23-Mar-2015. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/las-diferencias-entre-un-profesional-junior-semi-y-gutierrez-acuña/>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [78] “Formulario tipo de consentimiento informado.” Comité de Ética de la Investigación, FACSOC, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- [79] Royal Academy of Engineering, “Statement of Ethical Principles for the engineering profession,” 2014.
- [80] Universidad Alberto Hurtado, “Centro de Ética y Reflexión Social.” [Online]. Available: <https://www.uahurtado.cl/centrovives/>. [Accessed: 11-Jan-2020].
- [81] A. Sen, “Nuevo examen de la desigualdad,” p. 221, 1999.
- [82] J. Walther, S. E. Miller, and N. W. Sochacka, “A Model of Empathy in Engineering as a Core Skill, Practice Orientation, and Professional Way of Being,” *J. Eng. Educ.*, vol. 106, no. 1, pp. 123–148, Jan. 2017, doi: 10.1002/jee.20159.
- [83] The Royal Academy of Engineering, “Engineering ethics in practice: a guide for engineers,” Londres, Reino Unido.
- [84] PNUD, “Brecha de Desarrollo Humano entre mujeres y hombres evidencia alta desigualdad de género,” 09-Dec-2019. [Online]. Available: <https://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/presscenter/articles/Noticias/brecha-de-desarrollo-humano-entre-mujeres-y-hombres-evidencia-al.html>. [Accessed: 23-Mar-2020].
- [85] ONU Mujeres, “Hechos y cifras: Empoderamiento económico,” 2015. [Online]. Available: <https://www.unwomen.org/es/what-we-do/economic-empowerment/facts-and-figures>. [Accessed: 23-Mar-2020].
- [86] “Diversity, equality and inclusion - IChemE.” [Online]. Available: <https://www.icheme.org/about-us/governance/code-of-professional-conduct/diversity/>. [Accessed: 13-Apr-2020].
- [87] “The Science Council Declaration on Diversity , Equality and Inclusion,” p. 2010, 2010.
- [88] “Diversity in engineering concordat.” Royal Academy of Engineering.
- [89] “Principios éticos en relación con el cambio climático.” [Online]. Available: <https://es.unesco.org/news/principios-eticos-relacion-cambio-climatico>. [Accessed: 11-Mar-2020].
- [90] Naciones Unidas, “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,” 1992.
- [91] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*. 2014.
- [92] R. Arneson, “Egalitarianism,” *Stanford Encycl. Philos.*, 2002.
- [93] N. Cafferatta, “Los principios y reglas del Derecho ambiental,” in *Quinto Programa Regional de Capacitación en Derecho y Políticas Ambientales*, 2010, pp. 49–63.
- [94] “Misión y visión estratégica de la Universidad de Chile - Universidad de Chile.” [Online]. Available: <https://www.uchile.cl/portal/presentacion/institucionalidad/39635/mision-y-vision>. [Accessed: 21-May-2020].
- [95] Z. N. Ceballos, A. M. Alarcón, I. Jelves, P. Ovalle, A. M. Conejeros, and V. Verdugo,

- “Espacios ecológico-culturales en un territorio mapuche de la región de la Araucanía en Chile,” *Chungara*, vol. 44, no. 2, pp. 313–323, Jun. 2012, doi: 10.4067/S0717-73562012000200008.
- [96] C. Albert, “Plurinacionalidad y reconocimiento de los pueblos: las demandas indígenas para la nueva Constitución – CIPER Chile,” *CIPER Chile*, Santiago, Chile, 14-Nov-2019.
- [97] C. Alvarado Lincopi, “Una Asamblea Constituyente Plurinacional – CIPER Chile,” *CIPER Chile*, 14-Nov-2019. [Online]. Available: <https://ciperchile.cl/2019/11/14/una-asamblea-constituyente-plurinacional/>. [Accessed: 21-May-2020].
- [98] F. Huenchumilla, “Reforma constitucional para reconocimiento de plurinacionalidad y derechos de los pueblos indígenas. Por Francisco Huenchumilla, Senador de La Araucanía,” *Cambio 21*, 06-Jul-2018. [Online]. Available: <https://cambio21.cl/pais/reforma-constitucional-para-reconocimiento-de-plurinacionalidad-y-derechos-de-los-pueblos-indgenas-por-francisco-huenchumilla-senador-de-la-araucana-5b3fe987cd49b01a36147d56>. [Accessed: 21-May-2020].
- [99] A. Cortina, *Ciudadanos del mundo: hacia una teoría de la ciudadanía*. Madrid, España: Alianza Editorial, 1997.
- [100] *Constitución política de la República de Chile*. 1980.
- [101] Y. Yusuf, A. Hawkins, A. Musa, N. El-Berishy, M. Schulze, and T. Abubakar, “Ethical supply chains: Analysis, practices and performance measures,” *Int. J. Logist. Syst. Manag.*, vol. 17, no. 4, pp. 472–497, 2014, doi: 10.1504/IJLSM.2014.061016.
- [102] R. A. Eltantawy, G. L. Fox, and L. Giunipero, “Supply management ethical responsibility: Reputation and performance impacts,” *Supply Chain Manag.*, vol. 14, no. 2, pp. 99–108, 2009, doi: 10.1108/13598540910941966.
- [103] M. Blowfield, “Ethical Trade: A Review of Developments and Issues,” *Third World Quarterly*, vol. 20. Taylor & Francis, Ltd., pp. 753–770, doi: 10.2307/3993587.
- [104] C. Collinson, “The Business Costs of Ethical Supply Chain Management: Kenya Flower Industry Case Study NRET-Natural Resources and Ethical Trade Programme.”
- [105] *Declaración de Principios Éticos en relación con el Cambio Climático*. http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=49457&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html, 2017.
- [106] J. Rawls, *Teoría de la Justicia*, 2nd ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1995.
- [107] “Informe de Avance N° 1- Identificación, caracterización y clasificación de actores vinculados a la economía circular en Chile,” Providencia, Santiago, Chile, 2019.
- [108] C. González Farfán, “Inédito estudio de Medio Ambiente revela por primera vez los actores clave, oportunidades y brechas para la economía circular en Chile - País Circular,” *País Circular*, 22-Aug-2019.
- [109] G. Sonetti, M. Brown, and E. Naboni, “About the Triggering of UN Sustainable Development Goals and Regenerative Sustainability in Higher Education,” *Sustainability*, vol. 11, no. 1, p. 254, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11010254.
- [110] P. Morsetto, “Restorative and regenerative: Exploring the concepts in the circular economy,” *J. Ind. Ecol.*, p. jiec.12987, Feb. 2020, doi: 10.1111/jiec.12987.
- [111] F. Moya Marchi, *El principio de precaución*, vol. 52. Santiago: Tribunal Constitucional, 2013.
- [112] J. Holder and M. Lee, “Environmental law in context,” in *Environmental Protection, Law and Policy*, Cambridge University Press, 2012, pp. 9–60.
- [113] E. Fisher, “Is the Precautionary Principle Justiciable?,” *J. Environ. Law*, vol. 13, no. 3, pp. 315–334, Jan. 2001, doi: 10.1093/jel/13.3.315.

- [114] “Las mujeres son más vulnerables a los efectos del calentamiento global y son el 80% de los refugiados climáticos,” *CNN Chile*, 04-Mar-2020. [Online]. Available: https://www.cnnchile.com/8m/mujeres-mas-vulnerables-cambio-climatico_20200304/. [Accessed: 06-Apr-2020].
- [115] Comissão Econômica para a América Latina (CEPAL), *Horizontes 2030. La igualdad en el centro del desarrollo sostenible. Trigésimo sexto período de sesiones de la CEPAL*. 2016.
- [116] S. Martin, K. Weitz, R. Cushman, A. Sharma, R. Lindrooth, and S. Moran, “Eco-Industrial Parks: A Case Study and Analysis of Economic, Environmental, Technical, and Regulatory Issues,” *Inst. Portl. Metrop. Stud. Publ.*, Oct. 1996.
- [117] R. Yong, “The circular economy in China,” *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, vol. 9, no. 2, pp. 121–129, Sep. 2007, doi: 10.1007/s10163-007-0183-z.
- [118] Y. Geng and B. Doberstein, “Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving ‘leapfrog development,’” *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, vol. 15, no. 3, pp. 231–239, Jun-2008, doi: 10.3843/SusDev.15.3:6.
- [119] K. H. Toft and M. Rüdiger, “Mapping corporate climate change ethics: Responses among three Danish energy firms,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 59, p. 101286, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.erss.2019.101286.
- [120] F. Hayek, *Camino de servidumbre. Textos y documentos. La edición definitiva*, 1st ed., vol. 2. Madrid: Unión Editorial., S.A., 2008.
- [121] C. F. Lindberg, S. Tan, J. Yan, and F. Starfelt, “Key Performance Indicators Improve Industrial Performance,” in *Energy Procedia*, 2015, vol. 75, pp. 1785–1790, doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.474.
- [122] K. M. Ng, “MOPSD: A framework linking business decision-making to product and process design,” in *Computers and Chemical Engineering*, 2004, vol. 29, no. 1, pp. 51–56, doi: 10.1016/j.compchemeng.2004.07.029.
- [123] J. Heintz, J. P. Belaud, and V. Gerbaud, “Chemical enterprise model and decision-making framework for sustainable chemical product design,” *Comput. Ind.*, vol. 65, no. 3, pp. 505–520, Apr. 2014, doi: 10.1016/j.compind.2014.01.010.
- [124] S. Mokhatab, W. A. Poe, and J. Y. Mak, “Maximizing Profitability of Gas Plant Assets,” in *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*, Elsevier, 2019, pp. 741–762.
- [125] G. Schmidt and W. E. Wilhelm, “Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: A review and discussion of modelling issues,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 38, no. 7, pp. 1501–1523, 2000, doi: 10.1080/002075400188690.
- [126] J. Silvente, “Improving the tactical and operational decision making procedures in Chemical Supply Chains,” Universitat Politècnica de Catalunya, Feb. 2016.
- [127] M. Christopher, *Logistics and supply chain management : creating value-added networks*. FT Prentice Hall, 2005.
- [128] M. Pérez-Fortes, J. M. Laínez-Aguirre, P. Arranz-Piera, E. Velo, and L. Puigjaner, “Design of regional and sustainable bio-based networks for electricity generation using a multi-objective MILP approach,” *Energy*, vol. 44, no. 1, pp. 79–95, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.energy.2012.01.033.
- [129] B. Fahimnia, J. Sarkis, and A. Eshragh, “A tradeoff model for green supply chain planning: A leanness-versus-greenness analysis,” *Omega (United Kingdom)*, vol. 54, pp. 173–190, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.omega.2015.01.014.
- [130] T. Boukherroub, A. Ruiz, A. Guinet, and J. Fondrevelle, “An integrated approach for

- sustainable supply chain planning,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 54, pp. 180–194, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.cor.2014.09.002.
- [131] A. Weintraub, “La Función de Operaciones.” Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, pp. 1–44, 2007.
- [132] CEPAL, *Desarrollo Social inclusivo. Una nueva generación de políticas para superar la pobreza y reducir la desigualdad en América Latina y el Caribe*. Lima, Perú, 2015.
- [133] Biblioteca del congreso nacional de Chile, “Concepto de equidad de género,” May 2014.
- [134] R. A. Easterlin, “Will raising the incomes of all increase the happiness of all?,” 1995.
- [135] J. Helliwell, R. Layard, and J. Sachs, “World Happiness Report,” New York, 2012.
- [136] P. Ramírez Rivas, “Formación ética en ingeniería. Reflexiones y desafíos,” *Fraternidad y educación*. Rodrigo Mardones, Buenos Aires, pp. 63–93, 2012.
- [137] A. Cortina, *¿Para qué sirve realmente la ética?* Barcelona, España: Ediciones Paidós, 2013.
- [138] E. Morin, *El Método 6 Ética*. Madrid, España: Ediciones Cátedra, 2006.
- [139] A. Cortina, *Ética de la empresa*, 8va ed. Trotta Editorial, 2008.
- [140] H. Maturana, *La objetividad, un argumento para obligar*, 2nd ed. Providencia, Santiago de Chile: Dolmen Ediciones, 1992.
- [141] “Perfil del egresado - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - Universidad de Chile.” [Online]. Available: <http://ingenieria.uchile.cl/admision/futuro-alumno/87137/perfil-del-egresado>. [Accessed: 23-Jul-2020].
- [142] Real Academia Española, “aptitud,” *Diccionario de la lengua española*. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/aptitud>. [Accessed: 24-Jul-2020].
- [143] ABET Engineering Accreditation Commission, “CRITERIA FOR ACCREDITING ENGINEERING PROGRAMS,” Baltimore, Maryland, EE. UU., Nov. 2019.
- [144] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 2nd ed. Wiley, 1999.
- [145] Health and Safety Executive, *Reducing risks: HSE’s decision-making process protecting people*. 2001.
- [146] National Society of Professional Engineers, “Code of Ethics for Engineers .”
- [147] American Society of Civil Engineers, “Code of Ethics.”
- [148] H. Boushey and B. Ansel, “Overworked America,” 2016.
- [149] C. C. Caruso, R. M. Edward Hitchcock, R. B. Dick, J. M. Russo, and J. M. Schmit, “Overtime and Extended Work Shifts: Recent Findings on Illnesses, Injuries, and Health Behaviors,” 2004.
- [150] SERNAGEOMIN, “Preguntas Frecuentes sobre Relaves.” [Online]. Available: <https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>. [Accessed: 10-Aug-2020].
- [151] G. De Sá, “Brazil’s deadly dam disaster may have been preventable,” *National Geographic*, 30-Jan-2019. [Online]. Available: <https://www.nationalgeographic.co.uk/environment/2019/01/brazils-deadly-dam-disaster-may-have-been-preventable>. [Accessed: 10-Aug-2020].
- [152] COCHILCO, “Anuario de estadísticas: cobre y otros minerales 1999-2018,” Santiago, Chile, 2019.
- [153] SERNAGEOMIN, “Catastro de Depósitos de Relaves en Chile ,” 2019. [Online]. Available: <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>. [Accessed: 10-Aug-2020].
- [154] W. Kracht and C. Ihle, “MI5021 – Ingeniería del Procesamiento de Minerales.”

- Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, Chile, 2014.
- [155] D. Rose, D. G. Meadows, and ; Mike Westendorf, “Increasing SAG mill capacity at the copper mountain mine through the addition of a pre-crushing circuit,” Princeton, BC, Canada, 2016.
- [156] European Commission, “Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010,” 2010.
- [157] M. Dellise, J. Villot, R. Gaucher, A. Amardeil, and V. Laforest, “Challenges in assessing Best Available Techniques (BATs) compliance in the absence of industrial sectoral reference,” *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121474, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121474.
- [158] E. Garbarino, G. Orveillon, H. G. M. Saveyn, P. Barthe, and P. Eder, *Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC*. 2018.
- [159] Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, “Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach,” British Columbia, Canada, 2015.
- [160] J. Boswell and J. Sobkowicz, “International tailings failures and best available technology,” in *International tailings failures and best available technology*, 2015, doi: 10.14288/1.0340519.
- [161] T. Moore, C. Zhang, and M. Pinheiro, “Geotechnical performance of ATATM-treated fluid fine tailings,” *Paste 2014, Vancouver, BC, Canada*, no. May 2018, 2014.
- [162] T. Moore and C. Zhang, “Self-weight consolidation of ParticlearTM-treated fine tailings in a 10-metre column,” *Proc. 17th Int. Semin. Paste Thick. Tailings*, pp. 231–244, 2014.
- [163] A. M. Robertson, “Mine closure for the sustainability of mining and environment: concepts, challenges and innovation.” Vancouver, BC, Canada, 2018.
- [164] Asociación Generadoras de Chile, “Boletín del Mercado Eléctrico,” Las Condes, Santiago, Chile, Mar. 2019.
- [165] United Nations Environment, *Mine tailings storage: Safety is no accident*. 2017.
- [166] I. Moodley, C. M. Sheridan, U. Kappelmeyer, and A. Akcil, “Environmentally sustainable acid mine drainage remediation: Research developments with a focus on waste/by-products,” *Minerals Engineering*, vol. 126. Elsevier Ltd, pp. 207–220, 01-Sep-2018, doi: 10.1016/j.mineng.2017.08.008.
- [167] “Fundão Dam Failure - Samarco.” [Online]. Available: <https://www.samarco.com/en/rompimento-da-barragem-de-fundao/>. [Accessed: 19-Aug-2020].
- [168] P. H. M. Kinnunen and A. H. Kaksonen, “Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization,” *J. Clean. Prod.*, vol. 228, pp. 153–160, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.171.
- [169] C. Falagán, B. M. Grail, and D. B. Johnson, “New approaches for extracting and recovering metals from mine tailings,” *Miner. Eng.*, vol. 106, pp. 71–78, May 2017, doi: 10.1016/j.mineng.2016.10.008.
- [170] N. Vardanyan, G. Sevoyan, T. Navasardyan, and A. Vardanyan, “Recovery of valuable metals from polymetallic mine tailings by natural microbial consortium,” *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 40, no. 26, pp. 3467–3472, Nov. 2019, doi: 10.1080/09593330.2018.1478454.
- [171] N. Araya, A. Kraslawski, and L. A. Cisternas, “Towards mine tailings valorization: Recovery of critical materials from Chilean mine tailings,” *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121555, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121555.

- [172] B. G. Lottermoser, "Recycling, reuse and rehabilitation of mine wastes," *Elements*, vol. 7, no. 6, pp. 405–410, Dec. 2011, doi: 10.2113/gselements.7.6.405.
- [173] M. Edraki, T. Baumgartl, E. Manlapig, D. Bradshaw, D. M. Franks, and C. J. Moran, "Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: A review of alternative approaches," *J. Clean. Prod.*, vol. 84, no. 1, pp. 411–420, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.04.079.
- [174] V. Ramírez Jiménez, C. Kutscher Monckeberg, and J. Cantallopts Araya, "Mejores prácticas de gobernanza en materia de relaves," May 2019.
- [175] Consejo Minero, *Minería en números*, 4th ed. Las Condes, Santiago, Chile: Consejo Minero, 2020.
- [176] A. N. Tchernitchin and G. Muñoz, "Efectos sobre la salud y el medio ambiente de las actividades mineras en Chile: contaminación del Estero Pupío y agua potable del pueblo de Caimanes: ¿se origina desde el tranque de relaves mineros El Mauro?," *Cuad. méd.-soc. (Santiago de Chile)*, pp. 199–214, 2012.
- [177] D. Kossoff, W. E. Dubbin, M. Alfredsson, S. J. Edwards, M. G. Macklin, and K. A. Hudson-Edwards, "Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation," *Appl. Geochemistry*, vol. 51, pp. 229–245, 2014, doi: 10.1016/j.apgeochem.2014.09.010.
- [178] Columbia Center on Sustainable Investment, "Mapping Mining to the Sustainable Empowered lives. Resilient nations. Development Goals: An Atlas," no. July, p. 12, 2016.
- [179] H. L. Schafer, N. Slingerland, R. Macciotta, and N. A. Beier, "Overview of Current State of Practice for Closure of Tailings Dams," *Iostc 2018*, no. December 9-12, pp. 237–245, 2018.
- [180] H. L. Schafer, R. Macciotta, and N. A. Beier, "Tailings dam closure scenarios , risk communication , monitoring , and surveillance in Alberta," *Can. Inst. Min.*, p. 12, 2020.
- [181] J. D. Rayo, V. Encina, and J. C. Rayo, "Wasteless Mining," in *Conference: enviromine-srminin 2017*, 2017, pp. 1–9.
- [182] G. A. Blengini, F. Mathieux, L. Mancini, M. Nyberg, and H. M. Viegas, *Recovery of critical and other raw materials from mining waste and landfills*. 2019.
- [183] G. Kallis, *Degrowth*. Agenda Publishing, 2018.
- [184] K. Olejnik, "Water Consumption in Paper Industry – Reduction Capabilities and the Consequences," Springer, Dordrecht, 2011, pp. 113–129.
- [185] A. I. M'Hamdi, N. I. Kandri, A. Zerouale, D. Blumberga, and J. Gusca, "Life cycle assessment of paper production from treated wood," in *Energy Procedia*, 2017, vol. 128, pp. 461–468, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.031.
- [186] P. Juneja, "Advantages and Disadvantages of Participative Management," *Management Study Guide*. [Online]. Available: <https://www.managementstudyguide.com/participative-management-advantages-disadvantages.htm>. [Accessed: 31-Aug-2020].
- [187] S. Kim, "Participative Management and Job Satisfaction: Lessons for Management Leadership," *Public Adm. Rev.*, vol. 62, no. 2, pp. 231–241, Jan. 2002, doi: 10.1111/0033-3352.00173.
- [188] M. Sashkin, "Participative management is an ethical imperative," *Organ. Dyn.*, vol. 12, no. 4, pp. 5–22, Mar. 1984, doi: 10.1016/0090-2616(84)90008-1.
- [189] F. Kunze, S. Boehm, and H. Bruch, "Age, resistance to change, and job performance," *J. Manag. Psychol.*, vol. 28, no. 7, pp. 741–760, 2013, doi: 10.1108/JMP-06-2013-0194.
- [190] S. Jenkin, M. Pedersen Zari, and New Zealand. Ministry for the Environment., *Rethinking our built environments : towards a sustainable future : a research document*. Ministry for

- the Environment, 2009.
- [191] P. Mang and B. Reed, “Regenerative Development regenerative development and Design,” in *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, Springer New York, 2012, pp. 8855–8879.
- [192] American Institute of Chemical Engineers, “AIChE Constitution,” Dec. 2016.
- [193] J. S. Knapp and K. C. A. Bromley-Challoner, “Recalcitrant organic compounds,” in *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*, Academic Press, 2003, pp. 559–595.
- [194] E. Neumayer and T. Plümper, “The Gendered Nature of Natural Disasters: The Impact of Catastrophic Events on the Gender Gap in Life Expectancy, 1981–2002,” *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, vol. 97, no. 3, pp. 551–566, Sep. 2007, doi: 10.1111/j.1467-8306.2007.00563.x.
- [195] PNUD, “Technical notes,” *Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21st century*, 2019. [Online]. Available: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2019_technical_notes.pdf. [Accessed: 23-Mar-2020].
- [196] O. Consejo de Derechos Humanos, “Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas, 2007. A/61/L.67.”
- [197] Engineers Australia, “Volunteers’ Handbook,” 2017.
- [198] C. Huneeus, *La democracia semisoberana : Chile después de Pinochet*. Taurus, 2014.
- [199] R. Ffrench-Davis, *Chile, entre el Neoliberalismo y el Crecimiento con Equidad*, 3rd ed. Santiago, Chile: LOM EDICIONES, 2003.
- [200] G. H. Brundtland, “Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development.” 1987.
- [201] Colegio de Ingenieros de Chile A.G., “Código de Ética,” 2012.
- [202] Real Academia Española, “consenso,” *Diccionario de la lengua española*. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/consenso>. [Accessed: 30-Jul-2020].
- [203] D. Celis Sepúlveda, C. J. Fernández, and J. Torres Titus, “ANÁLISIS DEL MODELO DEL BALANCE DE AGUAS DEL TRANQUE DE RELAVES LAGUNA SECA Y DE SU IMPACTO ECONÓMICO EN LOS PROCESOS DE MINERA ESCONDIDA LIMITADA,” Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.
- [204] C. Mitcham, “Engineering design research and social responsibility,” in *Ethics of Scientific Research*, K. S. Shrader-Frechette, Ed. Lanham, 1994, pp. 153–168.
- [205] OCDE, “Evaluación del desempeño ambiental CHILE 2016,” 2016, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [206] G. Calderón Hernández and H. M. Serna Gómez, “Relaciones entre Recursos Humanos y Cultura Organizacional. Un estudio empírico,” *Acta Colomb. Psicol.*, vol. 12, no. 2, 2009.
- [207] J. Bond, “The blame culture-an obstacle to improving safety,” *J. Chem. Heal. Saf.*, vol. 15, no. 2, pp. 6–9, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.jchas.2007.07.002.
- [208] International Civil Aviation Organisation, “Proposals for Further Improvement of Aviation Safety Worldwide,” Montreal, 2006.

13. Glosario

ABET	<i>Accreditation Board for Engineering and Technology</i>
ACB	Análisis Costo Beneficio
ALARP	<i>As Low As Reasonable Possible</i>
BAT	<i>Best Available Technology</i>
BEP	Base Ética Propuesta
Cp	Concentración de sólidos
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DIQBM	Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales
DF	<i>Disproportion Factor</i>
EC	Economía Circular
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
FCFM	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
GEI	Gases de Efecto Invernadero
I+D	Investigación y Desarrollo
IDG	Índice de Desarrollo de Género
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OSD	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PEI	Parque Eco-Industrial
PIB	Producto Interno Bruto
RAEng	<i>Royal Academy of Engineering</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>

Anexos

Anexo 1: Consentimiento informado

I. INFORMACIÓN

Usted ha sido invitado(a) a participar como entrevistado en la investigación para la tesis de grado que se presentará en el Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales (DIQBM) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile titulada *Actualización de la herramienta de análisis integral para los niveles de toma de decisión estratégica, táctica y operativa para la ingeniería química*. La investigación está hecha por el investigador Cristian Rojas Salamanca bajo la guía del Prof. Felipe Díaz. El objetivo de la entrevista es identificar casos ingenieriles, cotidianos o no, donde haya existido o exista un conflicto ético que dificulte la decisión del ingeniero químico a cargo. Usted ha sido seleccionado(a) porque se ha desempeñado como ingeniero/a químico/a en planta o proyectos de procesos asociados en consultorías.

De aceptar participar en la presente investigación, es importante que considere la siguiente información (y si algo no queda claro, puede consultarlo en cualquier momento al investigador):

Participación: Su participación consistirá en una entrevista semiestructurada, cuyo contenido se mantendrá en la confidencialidad mediante encriptación del pendrive donde será almacenada. El uso de la información proveniente de la entrevista será realizado bajo el más estricto anonimato.

Tema de la entrevista: a partir de la experiencia del/la entrevistado/a se preguntará sobre dilemas, conflictos o tensiones éticas de las que se tenga conocimiento o a la que se haya visto enfrentado a lo largo de su experiencia profesional.

La entrevista tendrá una duración aproximada de 45 minutos y se realizará mediante Zoom o aplicación similar. Esta entrevista puede ser interrumpida si así quisiera el entrevistado, y sin perjuicio de lo anterior, se dará opción de retomar en cualquier otro momento. Una vez culminada la Investigación con la presentación de la tesis de grado, se procederá a la eliminación permanente del archivo de audio y video de la entrevista realizada.

Riesgos: Como se ha declarado anteriormente, no se revelará nombre como sujeto participante de esta investigación ni tampoco el nombre y ubicación de la empresa asociada, pudiendo el/la entrevistado/a rectificar, editar y/o revisar lo que se registre en la entrevista. Para tales efectos, el investigador se compromete a hacerle llegar una transcripción de lo que se utilizará como información para la realización del trabajo de tesis.

No hay ni se recibirá ningún beneficio directo, ni recompensa alguna, por participar en este estudio. No obstante, su participación permitirá generar información para el desarrollo y ampliación de la Herramienta de Análisis Integral, ideada por Richard Martínez, ampliando su aplicabilidad, ya no solo a decisiones estratégicas, sino también a decisiones tácticas y operativas. Al finalizar el trabajo y una vez defendida la tesis, el investigador se compromete a enviar a cada entrevistado/a una copia digital del trabajo realizado.

Voluntariedad: Su participación es absolutamente voluntaria. Usted tendrá la libertad de contestar las preguntas que desee, como también de detener su participación en cualquier momento que lo desee. Esto no implicará ningún perjuicio para usted.

Confidencialidad: Todas sus opiniones serán confidenciales, y mantenidas en estricta reserva. En las presentaciones y publicaciones de esta investigación, su nombre y el de la empresa asociada (como cualquier forma de asociarlos, tales como fechas, ubicación, o cualquier otra que el entrevistado considere sensible) no aparecerá asociado a ninguna opinión particular. Para esto, el Investigador Responsable se compromete a que la información utilizada se anonimice y también a que los archivos de audio y video generados por la entrevista serán guardados en un disco pendrive encriptado, propiedad del entrevistador, donde los únicos con acceso permitido a este serán tanto el Investigador Responsable, Cristian Rojas como el Profesor Guía del Trabajo de Título, Felipe Díaz, académico del DIQBM de la FCFM. Posterior a la aprobación de este Trabajo de Título se procederá a la eliminación permanente de tales archivos.

Conocimiento de los resultados: Usted tiene derecho a conocer los resultados de esta investigación. Para ello, se le hará envío por mail del archivo con el trabajo de investigación aprobado en formato .pdf para su lectura. Además, será posible acceder a este vía Repositorio Académico de la Universidad de Chile una vez que este sea de dominio público.

Datos de contacto: Si requiere más información, o comunicarse por cualquier motivo relacionado con esta investigación, puede contactar a el Investigador Responsable de este estudio:

Cristian Rojas Salamanca

Teléfonos: _____

Dirección: Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Beauchef 851, Santiago Centro, Santiago.

Correo Electrónico: _____

También puede comunicarse con profesor Guía que guía este estudio:

Prof. Dr. Felipe Díaz Alvarado

Departamento de Ingeniería Química

Diseño Sustentable e Ingeniería Sistémica de Procesos

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Universidad de Chile

Teléfonos: _____

Dirección: Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Beauchef 851, Santiago Centro, Santiago.

Correo Electrónico: _____

II. FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,, acepto participar como entrevistado en el estudio Propuesta de actualización de la herramienta de análisis integral de Richard Martínez para los niveles de toma de decisión estratégica, táctica y operativa para la ingeniería química, en los términos aquí señalados.

Declaro que he leído (o se me ha leído) y (he) comprendido, las condiciones de mi participación en este estudio. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y estas han sido respondidas.

Firma Participante

Firma Investigador Responsable

Lugar y Fecha: _____

Correo electrónico para la devolución de la información: _____

Este documento consta de 3 páginas y se firma en dos ejemplares, quedando una copia en cada parte.

Anexo 2: Base Ética Propuesta Estratégica

1. Ejercicio responsable:

En el contexto de un desarrollo tecnológico que abre un mundo de posibilidades antes insospechados, la responsabilidad aparece como una categoría fundamental de la ética profesional. La responsabilidad será comprendida como la condición de posibilidad del reconocimiento de los ingenieros como sujetos morales. Para un ejercicio profesional responsable, por lo tanto, es de importancia el reconocer quién es responsable, de qué se es responsable, y ante quién se es responsable. Para responder a estas interrogantes, es que se establecerán dos puntos conductores la *Conciencia Social* y la *Reflexión Crítica*.

1.1. Conciencia Social

La Conciencia Social consiste en el reconocimiento de los impactos, tanto positivos como negativos, de su actividad profesional sobre la sociedad. Esto invita al ingeniero a relacionarse con la comunidad, conociendo su cultura y preferencias. También conlleva a la identificación de los grupos sociales que pudiesen manifestar algún tipo de interés en el proyecto o en las consecuencias de este.

A su vez, el entendimiento del entorno social no solo permitiría el desarrollo responsable de la ingeniería, a través de la inclusión de los intereses de la sociedad como limitante de las acciones ingenieriles, sino que además orientaría el objetivo de los proyectos y la búsqueda del bien común. También permitiría el resolver sobre como incluir a las partes interesadas en la toma de decisiones, enriquecer la reflexión técnica y que sus acciones trasciendan al plano social.

De un modo más práctico, este principio se puede representar por las siguientes preguntas: ¿Realizaría este proyecto si se hiciese público? Si las consecuencias de esta acción me afectasen directamente, ¿continuaría con ella?

1.2. Reflexión Crítica

Por otra parte, la Reflexión Crítica puede entenderse como la interpretación de datos y experiencias con el fin de llegar a nuevas percepciones y acuerdos sobre la acción. Este principio busca definir, tanto las causas como los efectos de las acciones ingenieriles, lo que le permitiría a los ingenieros reconocer quién es responsable y de qué. Con esta premisa, el ingeniero puede reconsiderar los caminos planteados así como buscar la mejor solución -mejor para la sociedad, de modo de ser consecuentes con la conciencia social expuesta- ante una gama de alternativas. Así se permite que los medios técnicos se relacionen con el objetivo de la ingeniería.

El Cambio Climático ha demostrado ser fuente de muchos impactos negativos, muchos inesperados para la sociedad. En el caso de la ingeniería, es fundamental mantener una conducta cuyo propósito sea el de promover la seguridad y bienestar del público, sobre todo de los más vulnerables a los desastres derivados de este fenómeno climático. Para combatirlo es que muchos organismos indican que existe una necesidad imperiosa para los países, organismos públicos y privados, tener estrategias de mitigación y adaptación al Cambio Climático. La mitigación se define como “una intervención humana para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI)”, mientras que la adaptación se define como el “proceso de ajuste al clima real

o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos” [91]. Para reflexionar sobre la estrategia de mitigación corresponde primero pensar sobre la contribución del proyecto al Cambio Climático, en particular respecto a sus emisiones de GEI, y para una correcta adaptación es importante analizar cómo el clima presente o futuro afectará a la sociedad y al proyecto.

Además, dada la importancia que tiene el cuidado del medio ambiente para combatir el Cambio Climático, en caso de que hipotéticamente existan riesgos severos o irreversibles, es decir, cuando se pone en riesgo la vida y salud humana, recursos vitales (agua, tierra, aire), preservación de especies, el clima y el balance del ecosistema, entonces la falta de certeza científica no debe ser condición para postergar la adopción de medidas efectivas para la prevención de estos daños y la disminución de los riesgos a un nivel “tan bajo como razonablemente pueda ser”. El umbral de riesgo tolerable, a falta de evidencia científica, debe ser determinado en un proceso en que se pongan en consideración los intereses de las partes afectadas, de manera que sea un proceso democrático.

Algunas preguntas que pueden servir para aplicar este principio son: ¿Cuáles son las consecuencias del proyecto? ¿Cómo contribuyen al Cambio Climático? ¿Qué precauciones se tienen que tomar? ¿Qué medidas se pueden adoptar de mitigación y adaptación al Cambio Climático?

Así, el ejercicio responsable de ingeniería se basa en la orientación de las acciones en beneficio de la sociedad, en el cuestionamiento constante de los cursos de acción establecidos y el conocimiento de las consecuencias de estos.

2. Orientación

Las necesidades de la sociedad actual -compleja, global y diversa- deben atenderse de manera integral y creativa. Esta afirmación determina la manera en que los ingenieros deben hacerse cargo de las necesidades de la sociedad. Las acciones ingenieriles, entonces, deben incluir a las partes interesadas en la satisfacción de tales necesidades. Para ello, deberá ser capaz de buscar nuevas soluciones, que permitan un desarrollo balanceado del país. Adicionalmente debe estimar consecuencias o efectos inesperados, considerando el mayor número de factores de acuerdo con la situación que enfrente, de acuerdo con el principio del *plus respicere o preocuparse por*.

2.1. Integración

La capacidad de los ingenieros de incluir a las partes interesadas en la satisfacción de las necesidades sociales será comprendida por el aspecto de *Integración*. Esto implica el poder identificar a las partes interesadas -ya sean aquellas afectadas directamente por las consecuencias de los proyectos, como aquellas relacionadas indirectamente- y su influencia e interés en la realización o continuación de los proyectos.

Los diferentes tipos de desigualdades existentes dentro de la sociedad han demostrado ser uno de los mayores problemas a combatir dentro del presente siglo. Desigualdades que pasan por la clase social, el género, la edad, la raza, la etnia, la orientación sexual, etc. son factores importantes que considerar. Por lo tanto, dados los impactos que tiene la ingeniería dentro de la sociedad es que

uno de los objetivos que tiene es la de no perpetuarla e incluso erradicarla en lo posible, persiguiendo así uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) [41]. Por lo anterior es que este principio busca que la ingeniería pueda hacerse cargo de esta labor, procurando tener especial consideración por las necesidades de aquellos sectores, comunidades o grupos sociales más vulnerables.

Siguiendo los planteamientos de la CEPAL, la mayor o menor vulnerabilidad está directamente asociada al mayor o menor control que ejercen los individuos y las familias sobre recursos o activos de diferente tipo, cuya movilización permite aprovechar las estructuras de oportunidades existentes en un momento dado, sea para elevar el nivel de bienestar o para mantenerlo ante situaciones que lo amenazan. Entre los riesgos se encuentran hechos como el desempleo, problemas graves de salud, la pérdida de reservas del capital físico, el endeudamiento a tasas de interés formales o informales muy altas y la pérdida del lugar de residencia por no poder pagar cuotas de propiedad o alquileres, entre otros [132].

El Cambio Climático no está exento de estas desigualdades, siendo sus efectos, de acuerdo a la UNESCO, más perjudiciales para los más vulnerables, que, incluyen, entre otros colectivos, a las personas desplazadas y migrantes, las poblaciones indígenas, las comunidades locales, las personas con discapacidad, los ancianos, los jóvenes y los niños, teniendo en cuenta la equidad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional [89]. De ahí entonces la necesidad de integrar tanto una perspectiva de género como las necesidades de los más vulnerables dentro de la ingeniería.

Este planteamiento llevaría a los ingenieros a enfrentarse a los siguientes dilemas: ¿Qué conflictos podría despertar esta alternativa en las partes interesadas? ¿Es posible reconocer algún grupo que, dada su composición en cuanto a género o clase social, sea más vulnerable que los demás?

2.2. Creatividad

Este punto habla de la capacidad del ingeniero o equipo ingenieril en la búsqueda de soluciones alternativas que permitan el desarrollo integral, equilibrado y sostenible del país. Esta habilidad va de la mano del perfil de egreso de la FCFM. Puesto que en este se busca el desarrollo de la capacidad inventiva, la innovación y el emprendimiento por parte de los egresados de la FCFM. Además la creatividad no solo invita a la creación soluciones que vayan más allá de lo tradicional, sino que en la elaboración de soluciones consecuentes con la BEP. También la creatividad busca a la predicción de consecuencias de las decisiones tomadas, apoyándose en el principio del preocuparse por y también de cómo estas consecuencias se enfrentarán.

Por lo tanto las cuestiones a las que lleva el considerar la creatividad como principio para la toma de decisiones son: ¿Qué soluciones alternativas podrían efectuarse? ¿Hay efectos no previstos?

3. Compromiso

El ejercicio de la ingeniería debe estar comprometido con el bien común, y el desarrollo integral, equilibrado y sostenible del país. Este aspecto será contenido por los principios de *Desarrollo, Bien Común y Cooperación*.

3.1. Desarrollo

El *Desarrollo* será caracterizado de acuerdo con la Misión de la Universidad de Chile. Por lo tanto, se espera que este *Desarrollo* satisfaga 3 dimensiones: *Integral, Equilibrado y Sostenible*.

3.1.1. Desarrollo Integral

Referido a buscar incluir a todos los grupos sociales en la toma de decisiones, prestando especial atención por aquellos grupos vulnerables, de acuerdo con las definiciones entregadas en el punto 2.1 de Integración. Cuando se habla de equidad, ya sea de género o de manera más general, lo que se busca es eliminar por un lado la desigualdad social y por otro el irrespeto de la diferencia [133]. Además, es parte de las responsabilidades del ingeniero informar al público sobre los efectos de las tecnologías que son desarrolladas y usadas en el proyecto, y dar consejos sobre los cambios que son requeridos y comenzar así el debate público [83]. La pregunta elaborada para este punto es ¿Se incluye e informa en la toma de decisiones a todos los grupos sociales de manera equitativa, teniendo especial consideración por aquellos grupos vulnerables?

3.1.2. Desarrollo Equilibrado

Entendido como el aporte balanceado en todos los grupos sociales. En la misma línea descrita en el punto 2.1 de Integración y en el punto 3.1.1 Desarrollo Integral, se entenderá por aporte balanceado como aquel realizado con equidad y justicia, tal como plantea uno de los principios de la UNESCO en su *Declaración de Principios Éticos en relación con el Cambio Climático* [89], teniendo especial consideración por aquellas comunidades que, debido a su composición en género o clase social, son estructuralmente más vulnerables en un principio. De este modo, ambos factores, los socioeconómicos y los de género, deben ser estudiados a la hora de reflexionar sobre este punto. La interrogante relacionada con este punto es ¿Se aporta de manera balanceada y equitativa a todos los grupos sociales, teniendo especial consideración por aquellos grupos vulnerables?

3.1.3. Desarrollo Sostenible

El compromiso de la ingeniería con el desarrollo sostenible es también un compromiso con el medioambiente y la sociedad. La búsqueda del desarrollo por parte de la ingeniería no debe comprometer el desarrollo de las generaciones futuras, atendiendo así a los planteamientos de Hans Jonas en el texto *El principio de la responsabilidad, Ensayo de una ética para la civilización* [76], y para conseguir tales efectos requiere que los proyectos de ingeniería tengan un rol activo que vayan más allá de minimizar la contaminación aumentando la productividad, como actualmente se ha entendido por desarrollo sustentable: si bien se han logrado avances importantes mejorando la eficiencia de los recursos y procesos, todo sistema basado en el consumo en lugar del uso restaurativo de los recursos conlleva a pérdidas significativas a lo largo de la cadena de valor [46].

Para lo anterior es que la noción de Economía Circular (EC) se ha posicionado tanto nacional como internacionalmente como una posible solución al problema de la sustentabilidad, sobre todo en el contexto de crisis climática existente en la actualidad, integrando aspectos económicos junto a ambientales, ofreciéndose como alternativa sostenible a la economía lineal imperante en el modelo económico de la sociedad. Pero no todas las formas de aplicar la Economía Circular son ambientalmente favorables, así es que para que la EC sea eficientemente aplicada los ciclos deben ser lo más pequeños y lentos posibles, es decir, deben acortarse las distancias de transporte de

recursos y diseñados para pocas etapas, y los productos deben ser construidos para una larga duración y reutilización para evitar pérdidas de material. Se debe, para ello, seguir las siguientes disposiciones: (i) reduzca en lo posible el uso materia prima y la cantidad de desechos producidos, (ii) diseñe sus productos para que tengan una larga vida útil y para que puedan ser reusados, reparados, remanufacturados y reciclados, y, de no ser esto posible, que puedan ser biodegradados de manera rápida al final de su vida útil, (iii) no consuma materia prima virgen si es posible obtenerla de reciclaje, como tampoco consuma energía de fuentes no renovables si puede obtenerla de fuentes renovables o del reciclaje de energía. Bajo esa premisa, las interrogantes formuladas son ¿Se compromete el desarrollo del futuro con el presente proyecto? ¿Cómo se pueden obtener los recursos, gestionar los desechos y diseñar los productos de manera circular y favorable social y ambientalmente?

3.2. Bien Común

El bien común no se refiere al bien de todos -como si todos fueran una unidad real-, sino el conjunto de condiciones apropiadas para que todos -grupos intermedios y personas individuales- alcancen su bien particular. Para propender al bien común la ingeniería debe atender a la ciudadanía, procurando crear comunidades felices, sanas, prosperas y sustentables, inspirándose siempre en los valores democráticos y el resguardo y enriquecimiento del acervo cultural nacional, ya sea local, indígena o tradicional, y universal.

Es importante notar que el concepto de bien común puede resultar hoy bastante complejo o quizás etéreo y, por lo mismo, difícil de cuantificar. Ejemplo de ello son las teorías levantadas en el área de la evaluación social, y el modo de interpretar las preferencias de la sociedad. Por lo tanto, siguiendo la línea de los principios, el *Bien Común* reunirá las reflexiones de los puntos anteriores, de modo de detectar como el proyecto influye o puede influir en las condiciones apropiadas para que cada parte alcance su bien. La pregunta para este punto es ¿Cómo se afecta a la generación y distribución de riquezas sociales y bienestar?

3.3. Cooperación

Los esfuerzos colectivos de todos los niveles en la búsqueda de limitar el calentamiento global a 1,5 °C, teniendo en cuenta la equidad y la efectividad, pueden facilitar el fortalecimiento de la respuesta global al Cambio Climático, lograr un desarrollo sostenible y erradicar la pobreza [13]. Además, para establecer un sistema circular a gran escala la colaboración eficaz entre cadenas y entre sectores industriales es fundamental, y así lo reconoce la Fundación Ellen MacArthur [46]. Entonces, dado que dentro de las labores de la ingeniería están los principios de lograr un Desarrollo Sostenible, se sigue que la cooperación es un valor importante que perseguir. Ejemplos de prácticas industriales, como la simbiosis y el desarrollo conjunto de productos y de manejo de infraestructura, facilitadas por la transparencia proporcionada por la informática, el intercambio público de información, estándares sectoriales, entre otros, pueden facilitar la creación de plataformas colaborativas.

Este principio se puede representar como: ¿Puede el proyecto cooperar con algún otro, ya sea en el presente o a futuro, bajo una cultura sustentable?

Anexo 3: Entrevistas realizadas

1. Sujeto 1, género femenino, experiencia menor a dos años.

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presenció en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

S1: Yo trabajo en una empresa de gestión y tratamiento de residuos. Con gestión me refiero al transporte de estos desde un punto de generación a un punto de deposición final. Yo, como tal, trabajo en el área comercial, por lo que ahora trabajo más con planillas que teniendo que tomar decisiones. El caso de conflictos va enlazado con seguridad de trabajadores. Estábamos ofreciendo un servicio de acondicionamiento de residuos (ejemplo: residuos peligrosos, como un ácido, que están en un envase y que para llevarlos a disposición hay que trasvasarlos a otro envase, acondicionarlos, tal que puedan ser transportados sin que exista un derrame). Ese servicio, para hacerlo, tiene que estar aprobado, entonces la persona que lo va a hacer, generalmente un operador, tiene que estar capacitado para esto. En el caso que ocurrió este año se hizo ese servicio, pero los operadores no estaban capacitados al 100% para hacer ese servicio, entonces uno de los operarios tuvo un accidente y tuvo una lesión, no grave sino entre leve y mediana intensidad, y se debió a que no sabía cómo tenía que manipular el residuo que fue a retirar. Entonces la pregunta a hacerse es ¿por qué ofrecemos este servicio, que afecta a los trabajadores, si no se está haciendo la capacitación ni se toman los resguardos para hacerlo? El conflicto es que nosotros nos podemos poner en riesgo como empresa por una multa por alguna situación. Lo más grave para mí es que un operario pudiese estar en una situación de riesgo, porque podría haber una situación que sea fatal. Yo me impacté porque nunca me había pasado, siendo esta mi primera experiencia laboral, ahí me di cuenta de que en verdad estas cosas pasan. Yo lo primero que le pregunté a mi jefe fue “por qué no nos estamos cuestionando realizar el servicio si puede ser peligroso”. A pesar de no tener tanta experiencia mi jefe igual me tomó en consideración, me encontró la razón y se realizaron reuniones, y se decidió no seguir realizando el servicio. No sé si mi intervención tuvo influencia, había más personas en el área que estaban en desacuerdo que se siguiera haciendo el servicio, porque ellos ponen en riesgo su trabajo en el sentido de que, si el cliente reclama porque este afecta a las personas, se puede dar una mala imagen de la empresa. Al final fue una discusión entre gerencia después de este incidente.

¿Crees tú que pudo haber sido esto previsto antes de haberse cometido el accidente?

S1: Sí, de todas maneras. Al final esto fue una descoordinación como equipo entre el área comercial y el área de operaciones. Esta última manifestaba que sí se podía hacer el servicio, entonces ¿qué hace uno como área comercial? Lo ofrece. Pero nosotros también debimos haber tenido la cautela de haber preguntado si ese servicio se estaba realizando con todas las normas y regulaciones que deberían haberse tenido. En el fondo es una responsabilidad de todos.

¿Cuéntame un poco más donde trabajas?

S1: La empresa tiene varias líneas de negocios. Una de ellas es el transporte de residuos: residuos peligrosos, residuos no peligrosos, residuos industriales, asimilables, etc. Hay una gran gama de residuos. También tenemos rellenos sanitarios, así que también tenemos disposición final de residuos. También contamos con tratamiento de residuos, valorización, más que nada compostaje, y con algunos puntos limpios. Por último, también contamos con tratamiento de RILes.

¿No se notó ningún tipo de obstaculización respecto de la decisión de dejar de hacer el servicio? Entendiendo que esto es difícil porque es perder una oportunidad de negocios.

Eso fue una discusión importante. El cliente lo que pide es que tú como empresa hagas todo, entonces entre menos tenga que hacer él, mejor. Hacer el acondicionamiento para él era un trabajo menos y para nosotros un beneficio porque podríamos ofrecerle todo el paquete y hacerle todo el servicio y cobrar lo que correspondía. El tema es que al final, en la discusión, se priorizó el hecho de que si no estaba el operario capacitado para hacer ese servicio entonces mejor que no se hiciera. Cuando se capacite el operario, ahí se realizará el acondicionamiento.

¿Cuánto tiempo se demoró la empresa en decidir seguir o no realizando el servicio?

En un par de semanas. Esto fue grave, porque todos nos expusimos. Fue una pelea grande del ejecutivo que dio el sí al servicio con operaciones.

¿A futuro pretender volver a hacer el servicio, ya con trabajadores capacitados?

Actualmente estamos tercerizando algunos servicios, y el tercero sí hace el acondicionamiento con un registro. Hasta ahora no se ha visto más allá, pero creo que algo puede decidir hacer la empresa, que pueda capacitar a su personal para que haga este servicio en particular. Esta parte del servicio es una exposición directa de la persona al contacto con el residuo. Para esto se requiere protección al cuerpo: manos, cabeza, torso. Depende del tipo de residuos en realidad.

¿Hay problemas ambientales dentro de la empresa?

Mi rubro es un problema grande porque tener disposición final como tal ya es un problema. Cuando yo entré a trabajar el gerente que me hizo la entrevista me preguntó ¿cuál era mi lógica de trabajar acá, que tenemos disposición final, que va en contra de toda la sustentabilidad? Y yo le encontré la razón, aunque en verdad no creo que no existan rellenos sanitarios, entonces la idea mía al entrar allí era optimizar el espacio del relleno sanitario, que dure lo que más pueda durar y no hacer más rellenos sanitarios y podamos gestionar los otros residuos con otros tratamientos. A lo que apunto es que el tema del Cambio Climático cae pesado en el rubro, pero siento que igual tiene que existir por ahora. Espero en el futuro existan más respuestas frente a los residuos, ojalá no existan ningunos, pero frente a la normativa existente es difícil. Este no es un dilema que se resuelva a corto plazo

¿Cómo es la equidad de género en la empresa?

En el área comercial hay harta variedad, no hay discriminación, no me he sentido discriminada en ningún minuto, aunque en los altos cargos los jefes generalmente son hombres. En mi caso mi jefe sí es hombre, pero la subgerente de área es mujer. El gerente es hombre, pero también está la gerenta de RR.HH. dentro de los seis gerentes que existen en las áreas. En la parte operacional

existe un índice mucho más alto de hombres trabajando, los transportistas son todos hombres, por ejemplo. Creo que es un punto que podrían trabajar.

¿Respecto de la carga de trabajo, tú crees que se divide bien?

No creo que se divida bien. Creo que hay personas que tienen una carga de trabajo mucho mayor que otras, pero es por lo que veo que esa es la dinámica. Hay gente que se queda más tiempo en las oficinas, sale más tarde. Nosotros trabajamos con el Artículo 22 del Código del Trabajo, que es bastante raro según yo porque no tienes un horario tope, entonces si bien tienes que distribuir tu carga en las 45 hrs. semanales al final, en mi opinión, se pasan por hartos. Mi jefe por ejemplo es de esas personas que se queda hasta muy tarde, trabaja mucho, le toca ver mucho y yo estoy ahí para quitarle un poco de carga. En general en Comercial siento que todos tenemos mucha carga porque como somos el penúltimo eslabón de la cadena, siempre tenemos que estar arreglando todo para atrás, entonces tenemos que hablar con todas las áreas, gestionar muchas cosas, y eso igual es agotador. Pasa que hay gente que tiene menos carga que otras, y eso tiene que ver con las tareas que se les han asignado, tal vez hubo una mala asignación de las tareas. A mí en un principio mi carga era, o lo que me dijeron que tenía que hacer, mucho menos de lo que actualmente estoy haciendo. Al final pasa por la pregunta sobre qué asignación de tareas le estas dando a tu personal. Eso pasa mucho. No sé si haya una empresa que tenga una buena distribución en las cargas de trabajo la verdad. Igual siendo honesta yo igual cumplo mis horas, de 09:00 a 18:00. Rara vez me quedo hasta las 19:00, independiente de la carga laboral que tenga. Yo a mi jefe le digo que respeto mi horario, porque también quiero hacer otras cosas, pero mi jefe me dice que él igual está dispuesto a entregar más horas de trabajo, pero porque a él le gusta, entonces, en ese sentido, no hay mucho que hacer porque hay gente que le gusta mucho trabajar. Entonces, hay otras personas que se aprovechan de estas personas y les dan más trabajo. Es ahí donde más se distribuye mal el trabajo. Yo creo que no es sano eso, pero es muy personal esta visión, yo creo que hay que tener horarios para hacer otras cosas, para desconectarse un poco.

2. Sujeto 2, género masculino, experiencia 2-6 años

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presencié en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

S2: Yo trabajé hace un par de años en una empresa de la industria agrícola. Esta industria trabaja en dos etapas durante el año: en la etapa de cosecha, que es cuando se cosecha y se procesa la materia prima, y la parte que tiene que ver con planificación y mantenimiento. Esto por un tema biológico: tienes tu cosecha, que se demora unos 6 meses en que tú la plantas y la cosechas, y luego tienes pocos meses para cosechar y procesas todo ese alimento, que dura entre 3 a 6 meses, aunque eso depende. Por esa razón, la planta trabaja en dos etapas, y a diferencia de otras plantas que trabajan todo el año, esta se prepara durante 6 meses para trabajar los otros 6 meses a tope. Entonces, para procesar el alimento y obtener el producto final tienes entre 3 a 6 meses, por lo que necesitas que tus equipos no fallen. No es como otras plantas en que puede ser que puedas retrasarte un par de días por una falla, aquí no es así, aquí un par de días es mucho dinero de pérdida. Y tienes

otros 6 a 9 meses en que planificas todo para que funcione todo perfecto durante la producción. No voy a entrar en detalles sobre la etapa de producción porque tiene que ver con mantener los equipos funcionando, que todos los parámetros estén en lo correcto, que salga buen producto, etc. Respecto a la etapa de Planificación, existen tres pilares: el primero es el de Mantenimiento, es decir, limpiar los equipos, abrirlos, engrasarlos, etc. Y está todo esto planificado en un orden. El segundo pilar es el de Mejora Continua, donde después de toda una temporada tú ves cuales fueron tus problemas, tus cuellos de botella, y en qué puedes innovar. El tercer pilar es el de planificar cómo vas, logísticamente a recibir y procesar toda la materia prima y cuáles son tus metas y objetivos de la temporada en términos de rendimiento. Yo me enfocaré más en esta parte que en producción pues ahí es cuando tuve la mayor cantidad de conflictos éticos. Yo estaba a cargo del área de Mejora Continua, el área de Proyectos. Cuando llegué, los proyectos estaban prácticamente definidos, entonces yo solo tuve que estimar, dimensionar y dar solución a los problemas acordes, es decir, hacer cosas como proponer usar un intercambiador de calor, instalar nuevo piping, ver cantidad de materiales, los ajustes y el tiempo que se necesitarán, etc. También trabajé haciendo simulaciones y estimaciones. Fueron varias las cosas que estuve haciendo en realidad. Son proyectos que uno va semana a semana haciéndole seguimiento en su avance e implementación. En ese momento yo era relativamente nuevo, estaba bajo el ingeniero jefe de procesos, y teníamos a cargo cierta cantidad de personal, la que se encargaba de hacer nuestros proyectos. Respecto a los proyectos, hay momentos en que uno se da cuenta que las metas son muy ambiciosas y, ante atrasos, hay que priorizar ciertos proyectos dependiendo de su grado de importancia. Paralelamente estaba el equipo del área de Mantenimiento, con sus ingenieros y operadores, y para la gran mayoría de ellos no era tan relevante el área de proyectos tanto como su propia área. Lo que pasó en mi caso fue que nosotros íbamos bien y a tiempo en los proyectos, pero el área de Mantenimiento se atrasó, entonces tal área tuvo que trabajar horas extras, trabajar más rápido, etc. Y el conflicto surgió cuando mi jefe se fue de vacaciones, dos semanas, y luego de un par de días desde su salida, el ingeniero jefe de mantenimiento tomó la decisión de asignar los trabajadores de mi proyecto para el área de Mantenimiento. ¿Para qué? Para ponerse al día con su trabajo. Y esta decisión no se lo comunicó a mi jefe, y yo me di cuenta de eso porque los trabajadores de mi área no podían realizar las labores pues estaban siendo asignados a otras tareas bajo el argumento de que “él (el jefe de Mantenimiento) es el jefe, él manda”. Yo al principio decía “no hay problema, haz esa tarea, pero ¿mañana puedes trabajar en el proyecto?” y me decían que sí, que no habría problemas. Pero lo mismo ocurrió un par de días después, recurrentemente. Ya al tercer o cuarto día se empezó a transformar en un problema y lo que a mí me daba conflicto era que, estando mi jefe estaba de vacaciones, yo estaba solo con los trabajadores, y como era nuevo no tenía el mismo grado de importancia comparado al jefe de mantenimiento.

¿Entonces se podría decir que el jefe de mantenimiento podía tomar las decisiones unilateralmente durante ese periodo en que tu jefe estaba de vacaciones?

S2: Exacto. Porque era el jefe, ya llevaba 20 años trabajando, era súper conocido, súper respetado, y yo, como llevaba relativamente poco en la empresa no tenía la misma autoridad, y la autoridad que tenía era en base a mi jefe, que en esos momentos estaba de vacaciones. Entonces, empecé a atrasarme en mis proyectos mientras que el área de Mantenimiento se ponía al día. En ese momento estaba bajo presión, y gerencia me exigía razones y yo respondía con la verdad, diciendo “los trabajadores están siendo asignados a Mantenimiento y no puedo avanzar porque no tengo mano de obra”, y la respuesta de ellos apuntaba únicamente a apurarme. A pesar de que aproveché ese tiempo para hacer proyectos de simulaciones, para ellos era super importante tener

el proyecto físico avanzado porque es más importante el físico que algo que se hace en un computador. La segunda semana esto se empezó a repetir y tomé la decisión de encarar al jefe de mantenimiento, decirle “sabes, esto me está perjudicando a mí, el que va a ser responsable de todos estos errores soy yo, yo necesito avanzar en los proyectos con los trabajadores que te asignaste”, y se dio una discusión muy fuerte, en la que finalmente ganó el mando mayor, es decir, él. Él me dijo “no, porque yo estoy a cargo en este momento, tu jefe está de vacaciones, yo tomo las decisiones tú no tienes derecho a reclamar nada porque eres nuevo”. No me quedó otra opción que hablar con mi jefe directamente, pues no podía quedarme de brazos cruzados. Le envié un mensaje urgente, disculpándome por interrumpirlo en sus vacaciones. Conversamos y le expliqué todo lo que ocurría, y él fue súper comprensivo diciendo que él arreglaría todo cuando volviera de vacaciones. Al día siguiente le comenté lo que conversé con mi jefe y el jefe de mantenimiento se limitó a aceptarlo. A los días seguí insistiendo, y pasé de ordenar a los trabajadores a sus labores a ver si tenían disponibilidad de trabajar, pasando a segundo plano, por lo que me tuve que dedicar a los proyectos de oficina. Una vez que volvió mi jefe, me preguntó qué pasó, el estado de los proyectos y luego discutió con Mantenimiento. Luego, me dijo que debíamos reorganizarnos, replanificar todo y así continuar. Por suerte algunos proyectos pudimos dejarlos detenidos porque no eran prioridad, dando las explicaciones correspondientes a gerencia sobre por qué no alcanzamos a realizar los proyectos, diciendo que preferimos reasignar personal porque la prioridad era Mantenimiento, ya que, si los equipos no están listos para producir, entonces no sirve de nada mejorarlos.

¿Cuál fue la pregunta, en tu opinión, que debió haberse hecho el ingeniero a cargo para solucionar el dilema?

S2: La pregunta no es por qué tomar la decisión, porque existen las razones de por qué necesitaban los trabajadores, sino la pregunta apunta a por qué no explicarlas en el momento, por qué esperaste hacer un conflicto antes de ser sincero. Mi lema es “sé transparente, aunque eso duela”. Entonces me surgía la pregunta de por qué él (el jefe de mantenimiento) no me avisó antes de hacer el conflicto, este era un conflicto evitable. Y la otra pregunta era por qué esperó a que mi jefe se fuera de vacaciones, y la respuesta tiene mucho que ver con egos, porque finalmente alguno de ellos tenía que haberse sacrificado, en este caso nosotros, entonces ¿cómo le explicas a alguien que está a la par tuya (en este caso mi jefe), que necesitas sus trabajadores, necesitas por ende quitarle proyectos, para poder hacer el trabajo? Y si yo me pongo en la posición de mi jefe entonces me digo que debo explicarles a mis superiores (gerencia) que no voy a hacer todos los proyectos, porque otra persona necesitará mi mano de obra porque se atrasó, entonces yo salgo perjudicado, pero él sale beneficiado. Siento que el jefe de mantenimiento evadió su responsabilidad, sencillamente fue por su cuenta ponerse al día a costa nuestra. ¿Qué podía hacer yo, como ingeniero junior? Nada, mi responsabilidad como ingeniero era transmitir la información y justificar, y como hay una cadena de mando, hay que respetarla. Yo no podía llegar a hablar con gerencia sobre el hecho, porque no solamente pasaba a llevar al jefe de mantenimiento sino también a mi propio jefe. Si yo hubiese hablado directamente con gerencia, mi jefe directo iba a salir perjudicado, pidiéndole explicaciones desde arriba, arruinándole sus vacaciones. Todos somos personas, no corresponde que recibiera retos durante su tiempo de disfrute de vacaciones.

¿Cómo es la carga de trabajo en la planta?

S2: Los problemas económicos, propios del mercado en la industria del azúcar, significó que

la empresa tuvo que reducir mucho personal para no cerrar la planta, por lo que la carga de trabajo, en la temporada en que yo estuve, fue muy alta para mucha gente. Antes donde había tres personas ahora había dos, o donde había dos ahora había una. Finalmente cerró la planta bajo la lógica de optimizar la producción. Por ejemplo, tengo tres plantas, pero suficiente producción para alimentar a dos, entonces ¿qué prefiero, tres plantas funcionando a media máquina o dos plantas a máxima capacidad? En ese momento se prefirió ir por la última opción.

3. S3, género femenino, experiencia 2-6 años

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presencié en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

S3: Donde trabajaba antes, en una planta, había más cosas que a mí no me gustaban pero que presencié. De hecho, fue una de las razones de por qué renuncié, por un tema de principios. Siempre he sido empática y de la idea de que todos tienen algo que aportar, que todos tienen algo bueno y que no puede ser que otro deje de lado su vida personal por cumplir en el trabajo. Yo jamás pediría eso a alguien, y eso es lo que se veía todo el tiempo allá. Los operadores eran visto como gente que está trabajando solo porque le pagan, entonces tienen que hacer lo que se le indique porque justamente se les está pagando. Por ejemplo, en general, en el sector donde yo trabajaba, ellos trabajaban los días feriados. Allá trabajaban en tres turnos: mañana, tarde y noche, de lunes a sábado, con los domingos libres, salvo cuando había mucha demanda, donde se les pedía que trabajaran los domingos en turnos de 12 horas, día y noche, en turnos 4x2. En general se conseguían permisos para trabajar los feriados, a ellos se les pagaba más por lo mismo. La situación era que algunos no querían ir a trabajar los feriados, y allá era mal visto que se negaran a trabajar en un feriado, asumían que porque pagaban más la gente tenía que ir a trabajar y hasta contentos. A aquellos que no querían trabajar sus días libres los jefes, encargados de las áreas intentaban de convencerlos, y si no, eran vistos como que no estaban comprometidos, que tenían mala disposición.

Yo tenía el cargo ingeniera de mejora continua, y esta área, donde trabajaba, se dividía en tres subáreas, y cada una de ellas tenía un ingeniero de procesos y un jefe de operaciones. El gerente del área era el que tomaba decisiones, y él era el que yo encontraba más descriteriado de todos, nunca estuve de acuerdo con él. Para mí él estaba equivocado, y él no se daba cuenta de sus errores. Por ejemplo, una vez, la señora [nombre trabajadora], buena trabajadora, muy responsable, que nunca faltaba, puntual, de buena disposición, un día fue asaltada camino al trabajo, y faltó al trabajo por hacer las denuncias, y de igual modo el gerente le descontó el día, y eso no puede ser, no puedes no tener el criterio para hacer eso. Creo que le faltó empatía y criterio. Y esto era constante.

Hubo un periodo en que, durante julio-agosto, se tomó la decisión de hacer turnos 4x2 porque se requerían más productos dada la alta proyección de ventas. Y, por como quedó la programación, hubo un turno que debía trabajar todos los fines de semana salvo la semana antes del 18 de septiembre, donde había dos días libres y el feriado de fiestas patrias, es decir, cerca de una semana libre, para luego volver a los turnos normales. La decisión que tomaron los trabajadores se basó en

este hecho, y muchos hicieron planes con sus familias para esta semana de vacaciones. A mitad de los turnos 4x2 el área de ventas se dio cuenta que hubo un error en las proyecciones y que no necesitaban tanto producto, por lo que debían acabar este tipo de turno y con ello el acuerdo. Fue malo ese hecho puesto que los trabajadores ya habían hecho sus planes en base a este acuerdo. Lo que me parece injusto es que ellos (los jefes) esperan que el trabajador acepte y cumpla con los acuerdos, pero ellos no están obligados a cumplir con su parte del acuerdo. La actitud que me molesta es esa de “como empresa me di cuenta de que me equivoqué, bueno, no importa, no respeto el acuerdo”. Ni siquiera la forma fue la adecuada, en vez de comunicar “disculpen, nos equivocamos, es insostenible sostener este tipo de acuerdos” la actitud fue “ya no los necesitamos, vuelvan a los turnos normales, y si tienen atados no es nuestro problema”.

Bueno, como te decía yo era ingeniera de mejora continua, entonces no tenía nadie bajo mi cargo pues los trabajadores dependían de su jefe de operaciones. Mi trabajo consistía en ir por las líneas de producción, identificar posibles mejoras, ver cómo se estaban implementando algunas de estas mejoras y también en capacitaciones a operadores, pero no como jefatura directa. En un momento el gerente del área, mi jefe, me dijo “tenemos una línea que va pésimo, necesitamos que estés a cargo de ella” y era una línea nueva, donde hubo una inversión muy alta, se supone que iban a aumentar mucho su producción, pero al final la línea nunca funcionó correctamente, actuaba con las peores eficiencias. En esa línea también había un técnico eléctrico, muy bueno, y cuando había fallas, generalmente en el sistema eléctrico, él se encargaba. Él en algún momento fue a una capacitación a México, todo un fin de semana, de lunes a domingo, y luego, cuando volvió tuvo que quedarse otro fin de semana trabajando pues venían los técnicos de Italia a hacer unos ajustes a esa línea durante el fin de semana (no podían parar la línea durante la semana). Luego de esto, la línea se quemó con un fuerte incendio. Fue muy angustiante, yo no sabía si la gente estaba bien, y todo pasó muy rápido. Había mucho humo, no se veía nada. Intentamos apagar las llamas con extintores junto a los trabajadores, pues muchos de ellos son de la brigada de emergencias, reciben entrenamiento ante estos eventos. Afortunadamente no le pasó nada a nadie. Esto fue porque se rompió una manguera con aceite hidráulico, y con unos rodillos que giraban generando fricción el aceite se prendió, y la manguera de aire comprimido se cortó y con el aire a alta velocidad se propagó el fuego. Según los técnicos de Italia de la línea esas mangueras nunca se habían cortado. Bueno, la línea estaba quemada, inutilizable, y aunque tenía la peor eficiencia era la que tenía mayor capacidad productiva, entonces sin esa línea, la mitad de las ventas comprometidas no se podían satisfacer. Y fue urgente ponerla en marcha, encargando insumos, usando repuestos de otras líneas. Nos demoramos 9 días de trabajo seguido en ponerla en marcha, y el técnico eléctrico también participó. Finalmente, esta persona estuvo 3 semanas trabajando de corrido. Yo hablé con el gerente del área porque este chico (el técnico) estaba siendo sobreexplotado, había que darle días de descanso, que lo que estaba pasando con él es ilegal. Con esto le dieron una semana libre. Durante esa semana tuvimos una falla eléctrica en la línea, y esta se quedó detenida, así que muchos pedían llamarlo a su casa. Yo me opuse a eso pues no es posible que tengamos que molestarlo para que la línea funcione, además había más técnicos eléctricos trabajando en la empresa, podíamos llamarlos a ellos. Por ello fui muy cuestionada, pero no dejé que lo llamaran, sentía que no podría estar tranquila si llamábamos al técnico en sus días de descanso. El trasfondo es que no les importaba (a los jefes) el bienestar de los trabajadores.

¿Cuál fue la pregunta, en tu opinión, que debió haberse hecho el ingeniero a cargo para solucionar el dilema? ¿Qué valores crees que se rompieron?

S3: Hay un tema con la justicia. Es injusto esperar que una persona esté siempre disponible para ti y no tenga derecho a descansar. Es injusto que una persona deba sentir esa carga permanentemente.

¿Alguna vez sentiste discriminación de género?

S3: Ese fue un tema importante cuando yo llegué a trabajar a la planta. Era un ambiente muy machista. Al área que llegué eran 200 personas y era la primera mujer de la historia. No había ingenieras, no había operadoras. Yo llegué al mismo tiempo que un gerente que venía desde España y él también se preguntó por qué no había mujeres en la planta, y trabajó para ingresar a más mujeres al trabajo, y con el tiempo empezaron a llegar mujeres a la operación. Y fue muy duro porque no me veía de aspecto de alguien “dura” sino, más bien, al contrario, como alguien muy delicada para estar ahí, de hecho, hicieron apuestas de cuánto tiempo iba a estar trabajando en la planta, que no duraría. Con empatía logré ganarme la confianza de la gente y logré aprender de ellos cosas que no aprendí en la Universidad. Cuando llegué, para aprender del proceso a los primeros que recurrí fue a los operadores. Un caballero una vez me dijo “es usted agradable porque usted nos trata como personas”. Le respondí con humor “bueno, de qué otra forma podría tratarlo”. “Sí, es que aquí no todos se dan cuenta” me respondió. Para la gente es importante pasarlo bien en el trabajo, que sea bien remunerado, pero también que los traten bien, que se preocupen de ellos y su bienestar. Ese tipo de cosas no se daban allá. Finalmente, con los operadores tuve muy buena relación, pero con mis pares me costó mucho validarme. Fue difícil, frustrante, porque era muy nueva bajo el argumento de “cómo puede ella, venir a decirme a mí, que llevo 20 años trabajando en esta planta, que lo estoy haciendo mal, o que puedo mejorar”. De hecho, en una capacitación que estaba haciendo, fui interrumpida por uno de ellos en una de mis charlas a los trabajadores con un “no, no lo hagan así”. Descubrí que igual hablaban a mis espaldas, vinculándome amorosamente con parte del personal. Inventaban esas cosas por ser la única mujer. Igual muchos cambiaron de parecer.

¿Cuánto tiempo estuviste trabajando allí?

S3: Estuve como dos años, y me fui porque no me gustaba por como trataban a la gente, no la estaba pasando bien, me cuestionaba permanentemente, y, además, siendo yo parte del grupo de los jefes, con otra relación jerárquica, en conflictos a mí me veían como una representante de la empresa. Yo no podía hacer nada porque mi opinión no valía mucho, aunque hablara con mi jefe. Y me llevaba bien con él (el jefe), teníamos confianza, pero no le importaba, no nos entendíamos. Él no tenía habilidades de liderazgo. Para mí es super importante tener una cuota de humildad. No por haber estudiado ingeniería 6 años yo sé más que ellos. Probablemente tengo habilidades que ellos no tienen, pero a la inversa también se da, ellos saben cosas que yo no sé, y para tener buenos resultados tiene que existir una relación de complementariedad entre las partes, y así es como se arma un equipo.

¿Cómo era la carga de trabajo?

S3: En general no me quedaba hasta tan tarde salvo en casos puntuales, como cuando fue el incendio, o pruebas con productos nuevos, etc. Lo que sí, cuando yo estaba a cargo de la línea que tenía bajo rendimiento, los operadores me llamaban mucho, incluso durante mis tiempos libres y para cosas no tan relevantes. Había una necesidad de reportar todo por teléfono. Era muy agotador.

Ahora, trabajar en planta es así, estas nunca paran, y depende de cuán bien funcionen. En particular, en la que yo trabajaba había muchas fallas operacionales. Entiendo que al año siguiente de cuando me fui llegó otro gerente y hubo una serie de cosas que mejoraron, como la línea que tenía bajo rendimiento.

4. Sujeto 4, género masculino, experiencia mayor a 6 años

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presenció en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

S4: Yo particularmente en mi vida laboral no he enfrentado tantos dilemas en específico. He tenido dos roles: uno en la operación y otro en el diseño de proyectos, donde trabajo ahora. La industria química siempre, por naturaleza, tiene colaterales. Es iluso pensar que uno va a tener una planta donde no se tengan residuos, por lo que el dilema que uno siempre enfrenta en el desarrollo de un proyecto de la industria química es la pregunta de cómo compatibilizar que el proyecto sea viable con tener el menor impacto al medio ambiente. Uno puede tener un aprecio por la naturaleza, que es personal, y toda valoración que tiene uno del medio ambiente es personal y no necesariamente igual entre las personas que participan en el proyecto. La dificultad está en cómo objetivizar eso. La herramienta que nos ayuda, que es usado por la UE, es la BAT (Best Available Technology), que son directrices emitidas por la comunidad europea en la cual definen técnicamente cuánto es lo mínimo que puede alcanzar una industria en cuanto a emisiones se trata, que obviamente no es cero, pero sí con toda la tecnología disponible se puede aspirar al BAT. Esta herramienta me ha permitido objetivizar la viabilidad económica con el aprecio y respeto al medioambiente. Nos da una aspiración de cuánto el proyecto puede emitir, y no se puede aspirar a nada más porque no hay nada más allá de la BAT. Al guiarte por la BAT estás haciendo lo mejor que puedes hacer por un proyecto en cuanto emisiones, etc. Esa herramienta resuelve dos temas éticos que uno puede tener dentro de un proyecto: cuánto es aceptable de emitir y hasta dónde uno puede llegar a exigirle a un proyecto la reducción de emisiones.

¿Tú crees, en tu experiencia, que se cumple que las empresas busquen el BAT como meta?

S4: Depende de la empresa. Nosotros hace un tiempo (5 años) que venimos haciendo que todos los proyectos aspiraran a ser BAT. Y esto porque el mercado donde operamos como negocio está en Europa, y hay que cumplir ciertos estándares, y también porque las directrices de la empresa buscar ir hacia allá, basados en una serie de ODS explícitos. Eso nos ha ayudado a evitar caer en malas prácticas ambientales. Por ejemplo, ahora estoy trabajando en un proyecto que se ejecutará por el 2026-2027 que tiene que ser *fossil free*, por ende, nadie va a decir que, por ahorrarnos costos (con lo barato que está el petróleo), que el horno de cal lo hagamos con quemador de combustibles fósiles.

¿Has presenciado algún dilema ético en tu experiencia?

S4: Tengo la suerte de trabajar en una empresa que tiene su código de ética bien hecho, y que

después de un evento que ensució la imagen de la empresa le ha dado mucha más importancia al tema de la ética, ahora hay canales de denuncia que son bien abiertos, hay mucho respeto a disentir y levantar temas de discusión. Yo estoy muy agradecido de ello. Yo siempre he trabajado en temas relacionados con diseño o evaluaciones de proyectos, en sus temas más numéricos, y los dilemas más fuertes que me ha tocado enfrentar son con el tema ambiental dado el aprecio que tengo por el medioambiente y que está ligado a lo que te contaba, y el otro tema que me hace ruido igualmente es, por ejemplo, cada vez que uno evalúa la automatización significa un colateral, de dejar a personas sin trabajo, que son decisiones económicas que impactan a familias, y son temas que producen conflictos éticos. Tiene que ver más con temas más personales de la ética. Más allá de eso no he sentido otros dilemas.

¿Qué opinas de la automatización y los impactos?

S4: Creo que uno de los problemas es cómo la sociedad va a convivir con niveles de desempleo un poco mayores al haber más acceso a la automatización, cada día disminuyen los costos de automatizar procesos. Actualmente hasta en nuestras casas hay tecnología que automatiza tareas domésticas habituales. Particularmente a mí cada vez que me toca evaluar algún proyecto que signifique automatizar me produce conflicto porque hay gente detrás, y siempre lo pienso, y no es mucho lo que uno puede hacer porque la sociedad va hacia allá, y el rol de uno es evaluar y tomar las mejores decisiones como ejecutivo de una empresa, pero igual me genera conflictos. Otro punto que igual ocurre es que, a medida que las tecnologías van modernizándose, los operadores que tienen las fábricas también cambian. Hace 20 años, por ejemplo, no se necesitaba grado técnico para operar, y ahora se requiere junto a conocer otros temas. Particularmente me siento tranquilo en la empresa que trabajo porque le hemos dado muchas oportunidades a la gente, a los operadores, para acceder a cursos de desarrollo. Y ese es otro tema importante: si uno comulga con los valores que tiene la empresa o la organización en que uno trabaja se puede estar tranquilo consigo mismo. Si eso no se da entonces uno constantemente viviría en conflictos personales. Por eso cada vez las empresas le dan importancia a los valores y a la cultura, cosas que en la escuela de ingeniería se dejan de lado.

Cuéntame un poco más sobre el evento que ensució la imagen de la empresa en que trabajas

S4: En una filial de la empresa hubo un evento de corrupción muy importante. Y para mí fue bien impactante conocerlo, no era la empresa que yo conocía. Después de ese gran remezón, la empresa que es ahora es la empresa con la cual yo comulgo valóricamente. Se renovó mucho la estructura de la empresa y ahora valoran temas como la cultura en el funcionamiento de la organización. Estos eventos ocurren por falta de cultura organizacional y con cultura me refiero a los estilos de liderazgo promovidos, las rutinas y valores que se comunican y practican, etc.

Respecto a la coyuntura actual de crisis sanitaria, ¿cómo ha actuado la empresa?

S4: En esta crisis se han dado buenos mensajes. Una semana después del primer caso en Chile empezamos a aplicar teletrabajo, y eso fue una señal muy potente de decir “aquí lo importante es la salud”. Eso tiene que ver con la cultura organizacional que tenemos. Por ejemplo, día por medio recibimos un mensaje del gerente general. Ha existido mucha transparencia, demostrando en qué está cada planta, los casos que ha habido, si hay situaciones complicadas en un área, se activaron también los comités de crisis. Creo que haber respondido rápido y transparentemente ha ayudado, y

también la compra de implementos como mascarillas, desinfectantes, etc. La transparencia ha ayudado a la preocupación que sentimos.

5. S5, género masculino, experiencia de 2 a 6 años:

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presenció en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

Trabajo en una empresa dedicada al tratamiento de residuos y tratamiento de agua para procesos industriales y, últimamente, intensamente a procesos mineros, con alta experiencia en Osmosis inversa para desalinización. El tratamiento del agua se hace para que sea potable, o que no sea corrosiva (por ejemplo, si quieres transportar agua de mar por cañerías) o que las sales no decanten para uso industrial (si quieres ocupar el agua en calderas para evitar precipitación de sales que disminuyen la transferencia de calor). En cuanto al tamaño la empresa tiene 12 ingenieros, 11 operarios y 5 o 6 personas de RR.HH. Respecto al caso, un día estaba navegando por LinkedIn y me encontré con un post de un concurso que un colega ingeniero se ganó con una empresa start-up, que consistía en un equipo que adsorbía partículas contaminantes del aire con nanopartículas capaces de degradar el contaminante, disminuyendo en su concentración. Además, averiguando más me encontré que él junto a su pareja publicaron su triunfo en el concurso en sus redes sociales. Este era un prototipo ideado originalmente por nosotros para una empresa que tenía problemas de contaminación dentro de una cámara de partículas altamente contaminantes y tóxicas para el ser humano, y necesitaban un sistema capaz de disminuir esos contaminantes a una concentración muy baja pues eventualmente habría una persona dentro operando.

¿Originalmente se trataba de una investigación de su empresa?

Nuestro modelo de negocios normalmente consiste en ofrecer investigación para darle una solución a clientes en la operación de sus procesos, en particular tratamiento de aguas y de residuos. La investigación es pagada por la empresa y después la implementamos para el cliente. Existen otros modelos de negocios en que sí nos pagan la investigación, por lo que depende del cliente.

¿Se puede decir entonces que el proyecto ganador del concurso resultó ser un plagio?

Claro, pues era un proyecto de nuestra empresa, por clientes de nuestra empresa, y nos dimos cuenta de que esta persona inició el start-up de este proyecto. Además, se suma como prueba el hecho que las nanopartículas de nuestro proyecto desaparecieron. El mismo día, cuando leí todo lo que había sucedido, le conté al gerente general lo que pasó, y después de que volvimos de almorzar nos dimos cuenta de que las nanopartículas ya no estaban en el laboratorio. Fue todo muy extraño en realidad.

Otro hecho grave fue que esta persona iba con poca frecuencia al trabajo, siempre con la excusa de que tenía que hablar con clientes, y hubo una semana entera en que incluso era imposible contactarlo: lo llamábamos, le mandábamos correo (porque estábamos trabajando en un proyecto juntos), y nada. Y nos contestaba pasada ya una semana. Lo que pasó fue que nos dimos cuenta de

que la fecha en que no pudimos contactarlo calzaba con la fecha en que ganó el concurso. Preguntamos al gerente si esta persona había pedido días libres, y no, ni siquiera eso.

También recibimos, junto a otro colega, un mensaje agresivo de parte de su novia por haber visitado sus redes sociales. Ella era profesora de ingeniería de la Universidad y creo que una persona antiética no puede ser docente. Estarías enseñando una cosa y después haciendo otra cosa muy distinta. Si tu estas formando profesionales, no me parece adecuado que cometas estos actos. Ahora bien, nosotros nos habíamos preguntado si ella en realidad sabía lo que había cometido su pareja con el proyecto, pues quizás no lo sabía ya que, si nuestro colega nos pudo mentir a todo nuestro equipo durante 5 o 6 meses, tal vez habría también mentido a su pareja. Sin embargo, un profesional competente debe consultar de dónde vienen resultados, son preguntas lógicas. Si te tienen el prototipo listo, con resultados increíbles, tú lo mínimo que haces es preguntar cómo lo hiciste, dónde obtuviste los resultados, cómo armaste el prototipo, etc. En términos científicos tienes que cuestionar todo. Por ejemplo, tienes un diseño perfecto, ¿por qué funciona tan bien? ¿cómo me voy a asegurar de que esto, cuando lo implemente, funcione? Son preguntas que uno tiene que hacerse.

Sumado a lo anterior esta persona tampoco hizo la formalidad de investigación, la que consiste en: llega el proyecto, se manda una orden de investigación al departamento de I+D, este departamento realiza un plan de trabajo (con carta Gantt, reactivos, equipamiento) y te dan el OK para seguir adelante con el proyecto. Una vez que haces las pruebas experimentales tienes que mandar reportes. ¿Qué es lo que hizo esta persona? Nunca hizo una orden de investigación, nunca pidió permiso para hacer ensayos de laboratorio, sino que iba allá directamente y anotaba los resultados en su cuaderno en vez de reportarlos por correo. Todo esto fue muy irregular.

Bueno, pasada una semana después de este hecho (lo que a mí me parece mucho tiempo), gerencia reunió al equipo y yo hablé con la verdad frente al equipo. La verdad es que durante la semana en que no pasaba nada sentí que hubo impunidad, pero el mismo jefe de la empresa había sido engañado.

¿Qué pasó una vez que se aclaró todo lo que había sucedido?

Sé que lo despidieron, y que en un momento iniciarían acciones legales. Incluso esta persona había ofrecido el start-up a la empresa. Finalmente, no se llevarán acciones legales contra él.

¿Qué valores crees que se rompieron en este hecho?

Pensábamos que fue muy injusto. La empresa había creado el puesto para él, no existía necesidad de crearlo. Se rompió el valor de la verdad, el deber con el empleador, incluso el contrato y el acuerdo de confidencialidad que estipula que lo que produce la empresa es de la empresa.

6. Sujeto 6, género femenino, experiencia mayor a 6 años

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presenció en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la

persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

S6: Yo trabajé durante muchos años en una consultora que desarrollaba proyectos de ingeniería para distintas mineras, compuesta por unos 400 trabajadores aproximadamente. En uno de estos proyectos me tocó evaluar cómo estaba funcionando una planta de una compañía de la gran minería de la zona central, que estaba procesando minerales para extraer metales preciosos. Para extraer los metales preciosos del mineral se requiere ocupar compuestos químicos altamente tóxicos. Supongo que, para instalar la planta, la compañía realizó el proceso exigido por nuestra autoridad ambiental, así que debieron tener hartos compromisos, pero yo no me adentré en eso, sino que debía revisar cómo estaba funcionando la planta.

Para realizar una evaluación de planta, se solicitan planos de procesos y mecánicos, con ellos se hace una revisión de escritorio y luego se va a terreno. En terreno nos dimos cuenta de varias cosas fuera de estándar que estaban sucediendo desde el punto de vista de procesos, por ejemplo, extracciones sub-óptimas y algunos problemas de diseño, lo típico que uno hace en una consultoría.

El proceso -en términos simples- consistía en hacer una mezcla de un compuesto químico tóxico con mineral y posterior a la extracción se realizaba una separación sólido líquido mediante un filtro. Producto del filtrado se obtiene una torta con +/- 10% de humedad, donde la humedad corresponde a líquido con el compuesto químico tóxico remanente de las reacciones de extracción. Este sólido después era dispuesto en un terreno, que no estaba cerrado y que estaba inmerso en contacto con sistemas de agricultura y agronomía típicos de la zona central. La compañía no hacía nada para evitar que animales llegaran al lugar o se contaminara el agua. La planta además estaba muy cerca de un pueblo que se dedicaba a las actividades antes mencionadas. En el reporte de cierre de la evaluación indiqué que esto no era aceptable, obviamente la compañía ya sabía de este tema, sin embargo, no iban a hacer nada.

Ahora bien, yo siento que debía haber denunciado, porque igual hay canales para hacer denuncias. En ese tiempo estaba la PDI para denunciar o se podía hacer una denuncia anónima por lo que entiendo, pero no lo hice, solo lo reporté a la compañía, y hasta el día de hoy me cuestiono mi decisión frente a este conflicto ambiental, porque entendía lo que estaba pasando y no hice nada más que informar al cliente quien yo sabía no haría nada al respecto.

¿Crees que si hubieses denunciado se hubiese ensuciado la imagen de la consultora?

S6: Si yo lo hubiese denunciado con mi nombre hubiese habido problemas, porque al momento de entrar a investigar a una compañía se firma un acuerdo de confidencialidad, es decir, lo que uno observa en la planta no puede ser informado a otra planta, no puede ser divulgada ni compartida la información, etc. Pero independientemente de eso, pude haber hecho algo de forma anónima. Como empresa no se podía hacer nada más que dejarlo en el papel reportado el problema, y fue lo que hice, pero obviamente la empresa iba a seguir con sus malas prácticas si no los fiscalizan, ya que cualquier solución ponía en riesgo el valor del negocio.

¿Si hubieses hecho la denuncia de forma anónima, que crees que hubiese ocurrido?

S6: Me imagino que habría existido una fiscalización. Incluso podría haberlo denunciado con las juntas de vecinos. Si yo hubiese querido hacer un impacto lo habría hecho. Creo que lo que me pasó fue que no confíe mucho en mí, incluso tenía la sensación de que podría estar equivocada.

Llevaba un par de años trabajando en la consultora, pero era mi primer proyecto de ese estilo. Sin embargo, era obvio que había un problema ambiental en la planta.

El tema también es qué prevalece, tampoco tengo los conocimientos suficientes para decir “ya, tengo el acuerdo de confidencialidad, pero también tengo una ley” me imagino que la ley prima por sobre cualquier acuerdo. Hasta el día de hoy no tengo las herramientas para salir de ese tipo de conflictos. Ahora bien, me imagino que uno puede llamar por teléfono y consultar a la autoridad ambiental sobre el problema, avisando que se firmó un acuerdo de confidencialidad, pero no tengo mucha claridad. No sé si los estudiantes tienen las herramientas que les permitan salir de este tipo de conflictos.

¿Cuál era tu rango dentro de la empresa?

S6: Llevaba 2 o 3 años en la empresa y era ingeniera de procesos, pero de la categoría más baja en el escalafón, no era jefa.

¿Me puedes comentar tu experiencia como mujer dentro de la ingeniería?

S6: Me han pasado ciertas cosas negativas, como miradas impertinentes de hombres o que te tratan como “esta niñita, ¡qué va a decirme a mí!” cuando eres muy joven. Tuve la suerte de que mi primer jefe no permitía que cosas así no sucedieran, y me dio un espacio para que yo pudiera crecer y desarrollarme como ingeniera, en el sentido que me llevaba a todas sus reuniones, en las cuales yo podía hablar. Ahora bien, él tenía mucha presencia, era más viejo y con harta experiencia. no sé si hubiese logrado lo mismo si hubiese tenido una jefa mujer y joven, por ejemplo.

También está el problema de que te cosifican, te juzgan por la ropa. Cuesta desarrollarse en un ambiente así, y en tales casos uno tiene que levantar más la voz. No he tenido problemas graves, excepto uno, con una mujer en realidad, más vieja, ex alumna de tu departamento. Cuando me ascendieron a jefa de disciplina, que es cuando ya dejas de ser ingeniero junior y ya puedes llevar un proyecto, yo quise trabajar con otra mujer ingeniera junior. Y la jefa de proyectos, la mujer de la que te hablaba, cuando le dije eso me dijo “no, yo no quiero tantas mujeres juntas en un mismo trabajo”. Lo encontré una injusticia tremenda. No corresponde que ella, como mujer destacada ingeniera de Chile, que hace charlas y sale en revistas, diga eso. Lo encontré grave, así que hice una denuncia donde yo trabajaba, en un portal de denuncias internas que había, y antes de que la denuncia llegara al directorio el gerente general me pidió que por favor levante la denuncia, que retirara la carta, así que yo al mes siguiente renuncié, porque el acoso que sentí con ella fue tremendo. Yo quizás debía haber hecho algo con mayor impacto, no haber renunciado y no haber hecho solamente una carta sino haber puesto una carta en la Escuela de ingeniería, por ejemplo. Siempre me queda la duda de hasta donde llegar y qué tan grave es lo que pasa.

7. S7, género femenino, experiencia mayor a 6 años

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presenció en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

S7: Trabajo en una consultora. Estudié en la [Universidad] y titulada de ingeniera civil química e ingeniera ambiental el [año de egreso], luego realicé posgrado y desde el [año de ingreso a consultora] trabajo en consultora. Estoy dedicada en la descontaminación, a la remediación (foco de contaminación). Se realizan muestras de las matrices ambientales (agua, aire) y diseñan proyectos para dar saneamiento de focos de contaminación. La consultora cuenta con varios clientes de diferentes rubros. Respecto a los casos, se presentarán dos, ligados al mismo cliente: una empresa manufacturera que operaba hace muchos años en el sur, cuyos alrededores eran zona agrícola. Las prácticas ambientales son malas históricamente. Esta planta por décadas había desechado sus residuos con metales pesados en la parte trasera de la planta, en un entorno agrícola. La petición era que se diseñara un proyecto para descontaminar la zona. En la zona de entierros de los residuos había cultivos agrícolas colindando, y además pasaban unos canales de riego. Yo era bien joven, por lo que no participé ni en el diseño ni toma de decisiones del proyecto, aunque tuve que hacer la excavación de donde se retiraban los residuos. El acuerdo era que solamente se iba a sacar suelo bajo el compromiso de no tocar el canal de riego, por lo que estaba quedando parte del material al rededor del canal de riego. La pregunta era ¿está bien dejar eso ahí, o no? Los metales remanentes pueden disolverse en el agua e irse con el canal de riego, o puede que el talud, el muro, colapse y que todo el material sea arrastrado por el canal de riego. Se tomaron muestras del agua del canal de riego para observar que no hubiese concentraciones en el agua, y efectivamente no había, pero el talud podía derrumbarse igualmente. Quedaba un remanente de suelo que tenía algunos residuos. En Chile no había ley cuando se realizaron los entierros de residuos. Era mucho más complejo tratar todo el remanente junto al canal de riego. Un colapso de las paredes del canal, por un temblor o por una excavación nueva podría producir que llegara el material al agua, como también es posible que no pase nada. Valdría la pena haber dicho “esto (el remanente) no puede quedar acá”, aunque nos cueste más dinero y más tiempo, pero no se hizo, se requería una obra mayor.

¿La empresa estaba en funcionamiento?

Cuando llegamos la empresa manufacturera estaba cerrada, quedaba una sola persona (y sus jefes en otra ciudad), por lo que estaban involucradas solo 7 personas entre personal subcontratado para realizar labores de movimiento de tierra.

Respecto al segundo caso, nosotros queríamos excavar y mandar el material a un lugar autorizado para recibir residuos. Yo tenía que ser los ojos del cliente, revisando que se realizaran bien las obras y que no quedara nada. Tampoco se debía sobreexcavar. Pasa que cuando yo no estaba en terreno, en el frente de la excavación, me empezaba a dar cuenta que el encargado, el administrador de contrato, el representante de la empresa en la obra, siempre le decía al operador de la excavadora que sacara más donde ya no había residuos, es decir, que sobreexcavara. De esa manera él podía cobrar más dinero. En ese momento yo levanté la voz y hablé con él, le conté a mi jefe y el tipo salió de la obra. Existió ahí un aprovechamiento económico. Pude haberme hecho la lesa o pude haber acordado algo, pero terminamos peleando. Yo, mujer y muy joven, y él, hombre joven: yo le decía que no, y el viejito (trabajador de la manufacturera) se dio cuenta. Creo que no debe romperse el valor de la honestidad e integridad, también el estándar de cuidado (hacer lo que es necesario y hacerlo bien).

Un tercer caso me pasó con un ingeniero que pelaba mucho. Me toco ir a hacer campaña al sur y un día me robaron los equipos de terreno. Yo llegué de vuelta a la oficina y jefe me dijo que yo

iba a ser usada como caso ejemplo de lo que *no* se debía hacer y que además me iban a pasar carta de amonestación. Me llevó a su oficina y me quiso hacer firmar una carta, y él se enojó y me dijo “yo te recomiendo que firmes esto acá y que no hagas *olitas* con esto” (refiriéndose a que no lo comentara a otros lados). Yo avisé al Comité Paritario y el presidente me dijo que no estaba obligada a firmar, así que no lo firmé.

8. S8, género masculino, experiencia mayor a 6 años

Detalle el dilema o conflicto ético que experimentó o presenció en su experiencia como ingeniero. Para esto se solicita de la mayor cantidad de detalles, en particular el proceso que produce o al que se liga la empresa, los impactos para las partes afectadas, sean trabajadores operarios, comunidades, gerencia y directivos, etc. que pudo haber traído o que trajo la acción en cuestión. Además, ¿cuál es en su opinión la pregunta o las preguntas que debió haberse hecho la persona involucrada para reflexionar y dar una eventual solución al dilema o conflicto ético?

Llevo casi 11 años trabajando en una empresa de ingeniería, que está asociada a la minería, aunque creo que los problemas que voy a plantear no son particulares a la minería, sino que aplican a cualquier proyecto o empresa con relaciones humanas. Son títulos bien generales porque ocurren siempre y van a seguir ocurriendo. Y digo en general porque pasa en todas las disciplinas: mecánica, eléctrica, etc. Los expresaré de forma bien general porque no son necesariamente de ingeniería química sino de ingeniería, y puede extenderse a otros rubros no solamente la ingeniería.

1) El más clásico y antiguo de los problemas éticos de las empresas de ingeniería ocurre en las etapas finales de la ingeniería, en la etapa de adquisiciones. Dentro de la ingeniería de detalles, nosotros tenemos que hacer evaluaciones técnicas de las ofertas y pasa a veces que el proveedor se acerca a las empresas a invitar a almorzar (e incluso el almuerzo puede dar pie al ofrecimiento de “coimas”), para que así el producto que ellos ofrecen tenga más puntos. Antiguamente se daba mucho más, hoy se ha regulado mucho el tema de adquisiciones, de hecho, esa área hoy no puede recibir ningún tipo regalos (por ejemplo: cuadernos, pendrives, etc). Esto también ocurría en la asignación de los proyectos, con ofertas que se adjudican en reuniones informales, o no licitar la ingeniería, sino que asignarla de forma directa. Hoy las empresas tienen mecanismos para evitar eso y seguir el proceso de licitación. Hoy, por ejemplo, por lo general se realizan con al menos tres oferentes.

2) Existe también problema en la contratación de ingenieros. Cuando uno tiene cierta edad, por ejemplo, más de 10 años de experiencia como mi caso, cuesta mucho que te contraten en otro lado, porque ya en ese nivel pesan más las recomendaciones, entonces los procesos oficiales de las empresas grandes, si bien son publicados y postulan varias personas, la persona está seleccionada antes por los más cercanos a la persona, haciendo que el resto de los postulantes independientes pierdan. Tengo colegas que dicen “para qué voy a postular si ya está cocinada la cosa”, varios tienen esta sensación, y quedan pocas ganas para desgastarse en el proceso. En la práctica se termina eligiendo a algún amigo o algún conocido, una competencia injusta. Es casi natural que esto suceda debido a la confianza para con la otra persona predeterminada. Otra práctica que también se da es la contratación de personas de la misma universidad. Discriminar según el conocimiento que se tiene de la otra persona, es medio humano. A veces hasta se crean puestos para sumar a un colega de confianza. Por ejemplo, ocurrió con un conocido que trabajaba en una empresa grande, que luego emprendió con un negocio en que le fue mal y finalmente volvió igual

a esta empresa porque estaban los amigos dentro. Cómo saben que están los amigos dentro pueden darse estos lujos, y no todos tienen esta confianza, lo cual también lo hace injusto.

3) Para comenzar a hablar otro punto, debo hacer antes unas precisiones: en general está el jefe del proyecto, luego está el jefe de ingeniería (depende del tamaño del proyecto), luego el jefe de disciplina (por lo general: del proceso, mecánica, eléctrico, hidráulico, civil, estructural, piping, costos, adquisiciones). Después de ellos vienen los ingenieros especialistas, los ingenieros A, ingeniero B, ingeniero C e ingeniero D, según su nivel de experiencia, y estos niveles van asociados a las tarifas. Y respecto de un proyecto, según la precisión de costos deseada, se parte con la ingeniería de perfil con una precisión baja como del 35%, después la ingeniería conceptual, luego la ingeniería básica y finalmente la ingeniería de detalles, en que se hace todo lo necesario para construir el proyecto, lo que puede durar entre 1 a 2 años.

Como te contaba, existe el jefe de disciplina, y siempre trabaja con gente más joven. Él viene a ser quien dirige la disciplina y los jóvenes hacen los cálculos y las estimaciones. De repente ocurren problemas por responsabilidades que son del jefe de disciplina y que las transfiere al ingeniero más joven. Por ejemplo, cuando hay un cálculo que está errado y le dicen de esto al jefe de disciplina, este responde “es que se equivocó el ingeniero C”. Me pasó en una reunión, donde estábamos exponiendo y alguno de los revisores nos consultó por nuestros cálculos y entonces el jefe de disciplina no halló mejor cosa (yo era ingeniero C o D) “[nombre de S8], sí te dije que lo cambiáramos”, frente a todos los colegas, y resulta que nunca me lo había dicho, mintió. No creí necesario armar una discusión en ese momento, siendo más joven cuesta discutir con el que tiene el cargo más alto. Si hay errores es responsabilidad del jefe de disciplina por no revisar antes y no corresponde traspasar responsabilidad. Es una mala práctica que algunos tienen. Al final me quedó una mala impresión de esa persona.

Ese problema con los jóvenes también aplica para otras cosas, como levantar la voz en las reuniones indebidamente, para transmitir poder a los demás, como una forma de hacerse respetar de una forma que no corresponde. Hay colegas que son de la escuela más antigua, por ejemplo, que gritan y golpean la mesa. A veces con justa razón puede reprimir, pero no es la forma. Creo siempre se ha dado, más antes que ahora, eso de imponer la autoridad a través del mal trato, aunque ahora la gente más joven tiene otras visiones, habilidades más blandas, se nota una transición. Lo más adecuado es siempre transmitir las ideas con respeto, y estar llano al intercambio de estas, en lugar de siempre imponer tus ideas, no escuchando al resto.

4) Hay problemas también con el contratista y el dueño. En la actualidad ya no le llaman empresa “contratista” sino “colaboradora”. El contratista ingeniero tiene dos jefes: el suyo y el de la compañía que contrata. Aunque en ingeniería, por lo general no existen malos tratos, las diferencias con el contratista se da en cargos más bajos, como operadores de maquinaria, mantenedores, etc., donde es menos respetuoso el trato. De hecho, el ingeniero ya tiene una discriminación al ir a una planta con un casco distintos: el casco del ingeniero es blanco y los demás tienen otros colores. Hay un respeto adicional que te transmite el tener los cascos blancos. Es también para identificar a los que andan en terreno. Existe esta diferenciación entre los que son internos de la compañía o alguien externo, para identificarlos. Es una herramienta que también puede causar discriminación. En terreno no vi discriminación, aunque la estructura de la empresa era discriminatoria: existía un comedor para los de la compañía y otro comedor para los contratistas. Lo mismo pasa con las habitaciones entre los internos y externos, con instalaciones mejores para los internos porque los

externos son “pasajeros”, ayudan cierto tiempo, mientras que los internos son más estables, por lo que tienen mayores beneficios, pero es una forma de discriminar. De hecho, dentro de la misma empresa ocurre esta diferencia, por ejemplo, el que da el mejor negocio, la concentradora y no la planta de óxidos (que cerró), decían que las salas de operación de la concentradora eran mucho mejores que la de óxidos porque los ingresos que producía la de óxidos eran un 10% frente al de la concentradora que producía un 90%. Uno puede decir que es razonable si ellos no producen mucho, pero es un problema porque no es culpa de ellos no producir mucho si los óxidos se van acabando porque son la primera capa del yacimiento, y esto puede acarrear problemas a largo plazo por ineficiencias al no estar motivados del mismo modo que las personas de la otra área. Esto puede extrapolarse a otras áreas productivas. Debiera haber un trato equitativo independiente del lugar donde se trabaja.

5) Otro problema de la ingeniería es el apropiarse de ideas que no son propias. Me lo comentó un amigo, por ejemplo, que se le ocurrió algo a alguien y otro lo repite como si fuera suya la idea.

6) Otro problema ocurre cuando se colocan firmas digitales. Las empresas de ingeniería, en la parte final del entregable, tienen procedimientos y se prioriza la firma a mano, pero en etapas intermedias sí se utilizan firmas digitales y eso igual es grave porque si colocas una firma digital y la persona no lo revisó es un uso indebido de la firma. Pasó una vez, estando en terreno, un colega generó un plano para emitir al cliente y colocó la firma de otro colega, y lo emitió así. Cuando el dueño de la firma se enteró, le generó bastante molestia dado que no lo había revisado. Las firmas digitales pueden parecer prácticas para acelerar la emisión, tal vez porque estamos atrasados, pero puedes estar pasando a llevar a una persona.

7) También está el problema de la discriminación entre géneros o dentro de un mismo género también. También se da al revés, una colega que acusó de acoso laboral a un colega y no fue así. Yo conozco a los dos y sé que ella no era muy proactiva. Se evaluó internamente el acoso y resultó que la acusación no resultó cierta. Entiendo que el acusador no estaba haciendo el trabajo y se escudó en el acoso. Este es un uso indebido de alguna condición. Es más moderno este problema. Claro que el otro caso sí se da, que haya discriminaciones por género contra la mujer (incluso la discriminación de género de una mujer a otra mujer), o contra la homosexualidad.

8) Otro problema está en el excesivo trabajo, en que a uno le cargan porque se venden ofertas con pocas horas, para ser más competentes, en un mercado cada vez más agresivo. Sobre todo ahora, con la pandemia, se han paralizado varios proyectos. El técnico hace la oferta y después el comercial le puede quitar horas, a veces unilateralmente. Esto puede ser considerado abuso, debido que, al adjudicarse la oferta, deberás hacer el proyecto con menos tiempo, y posteriormente medirán tu desempeño en base a unas horas recortadas. En este sentido, siempre deberían esclarecerse las metas y las bases que tenía la oferta original, para no traspasar la condición del mercado a costa de la sobre exigencia del Equipo de Proyecto.

9) Un problema ético ocurre también en las empresas públicas. Hay estudios que hablan de que lo público es lo más ineficiente, y pasa porque las personas que están en puestos públicos están mucho tiempo ahí y no los va a sacar nadie porque hay una mezcla de política y compadrazgos que no se da en lo privado. En el mundo privado, por lo general, se tiene al más competente para desarrollar el trabajo, debido a que el privado está preocupado de maximizar los ingresos, y realizar lo mejor y más eficiente para la compañía, e incluso cada cierto tiempo contrata una empresa externa

solamente para diagnosticar su desempeño y ésta puede recomendar la reestructuración completa del recurso humano. Esto puede llevar a la desvinculación de una importante cantidad de personas, que con el tiempo no era fundamental y su cargo no se justificaba. En lo público, en cambio, existen importantes ineficiencias, debido a que tienen un muy poderoso sindicato, entonces es difícil que vayan a desvincular a una persona, entonces los trabajadores se sienten ahí con una tranquilidad de que no los van a despedir, lo cual los hace ineficientes (por la seguridad de su puesto) , y muchas veces hay puestos supernumerarios, distribuyendo el trabajo innecesariamente. En la ingeniería de proyectos, uno ve que la contraparte privada tiene el mismo espíritu que nosotros: la de realizar un buen proyecto, y se trabaja en conjunto de forma constructiva (él también asume varias responsabilidades). En cambio, en la empresa pública, los profesionales tratan de tener la menor responsabilidad posible, porque el único modo de que su puesto se vea en peligro es tomando una decisión que errónea, por lo que tratan siempre de evitar tomar decisiones, transfiriendo la responsabilidad siempre a la empresa de ingeniería. Cabe mencionar también que los sueldos de la empresa pública son más elevados respecto el privado (por hacer el mismo trabajo) siendo la mitad de eficientes. Este es uno de los dilemas fundamentales de la sociedad, el mercado versus el Estado.

10) Otro problema ocurre cuando el proveedor sobredimensiona equipo con tal de vender más. Ahí existe la responsabilidad de la empresa de ingeniería de chequear la información. Lo he visto hace poco en un planta, dónde cuentan dos chancadores stand-by (en reserva), y debió chequearse la necesidades de estos equipos desde la ingeniería. Ningún proyecto va a tener equipos mayores como chancadores o molinos stand-by, eso no puede ser. Nosotros revisamos la ingeniería, y para la condición máxima los llenados eran muy bajos, entonces ahí se comprobó el sobredimensionamiento (además sus equipos auxiliares como correas, potencia eléctrica, etc). Finalmente, resulta que se encareció un proyecto con tal de vender más y no se revisó de buena forma. Ese sobredimensionamiento es un problema primero del vendedor y luego de la empresa de ingeniería que no revisó bien el dimensionamiento del equipo final que se adquirió. Si bien nosotros utilizamos los softwares de las empresas proveedoras, también existen programas independientes para modelar en metalurgia. También se puede analizar si los órdenes de magnitud de las variables están correctos en base a benchmarking (en función de lo que tienen los demás). Los chequeos se tienen que hacer, porque pueden existir estos sobredimensionamientos. Incluso, al darse cuenta también existe otro problema sobre cómo dar aviso.

11) También está el problema de la gente de proyectos, que también los miden por los costos en que incurren, por lo que puede haber una intención de minimizar la inversión, o minimizando las flexibilidades operacionales y así bajar la inversión (hacen la planta más restringida). Por ejemplo, no se proyectan bombas stand-by, o proyecto un bajo grado de instrumentación que también disminuye la inversión. Y el problema se lo lleva quien va a operar el proyecto. Al Jefe de Proyecto lo miden hasta el fin de la materialización del proyecto, o hasta la puesta en marcha, y en el largo plazo se empiezan a ver las debilidades del diseño, que fueron motivadas para minimizar la inversión. Lo que se hace ahora es medir a la gente de proyectos con varas temporalmente más largas, porque si yo los mido hasta el inicio del proyecto, al corto plazo, no es razonable. Hay que medirlo aún después de la puesta en marcha, o cada dos años, o hasta que se logre una operación estable, porque si lo dejo hasta el inicio del proyecto él va a tratar de minimizar los costos. A veces, por ejemplo, se eliminan acopios, o se ponen tecnologías no probadas, todo en función de disminuir los costos.

12) El último punto tiene que ver con las evaluaciones del personal. Generalmente cuando termina

el año tú evalúas a las personas, y puede ser fundamento para subir de categoría no solo por los años que tienes sino por la proactividad o la velocidad de crecimiento profesional que puedas tener. También se usa para elegir las desvinculaciones en épocas de baja adjudicación de proyectos, donde se elige a aquellos con menor evaluación. Entonces tú te sientas con el jefe y él te va contando lo bueno, lo malo y aquello por mejorar que tienes, y se supone que es algo que puede ser útil. Si te pones a pensar en esto, uno se pregunta ¿quién es el jefe para evaluarme a mí? ¿el mejor? ¿es bueno mi jefe? Hay muchas empresas que hacen la Evaluación 360, que encuentro que es la más valiosa, en que tú te autoevalúas según ciertas preguntas, también tus pares en base a los proyectos que has trabajado, y también tus colegas de área, además de tu jefe de área. Además, tú también puedes evaluar a tu jefe. En las empresas de ingeniería, las horas que trabajo semanalmente tengo que justificarlas y distribuirla en los proyectos en curso. Esas horas se contrastan con las horas ofertadas y así se controlan las horas, y se obtienen los índices de eficiencia. Estas horas cargadas deben ser aprobadas, lo que produce algunos conflictos cuando se cuestionan las horas invertidas. Es bueno que te evalúen los pares porque existen horas en que uno ayuda a las demás personas, las cuales no pueden ser imputadas al proyecto, pero sin duda es un beneficio para la empresa en general y se reflejaría con la evaluación de pares. Lo que sucede en muchas empresas es siempre la verticalidad de las evaluaciones y solo el jefe te evalúa y yo no puedo evaluar al jefe. En algún momento se realizó un pilotaje de Evaluación 360 en la empresa en que trabajo, pero se eliminó porque generó muy malos resultados con los jefes. De esta forma, la empresa no quiso seguir profundizando en el tema, evitando analizar el desempeño de sus jefaturas, lo cual es un grave error. A los jefes los evalúa un gerente, pero ellos ven puros números y los resultados del proyecto, pero no evalúan nada social ni habilidades blandas, ni tampoco lo técnico sino los resultados. Herramientas como la Evaluación 360 instan al cambio.

Anexo 4: Valores en conflicto dados en entrevistas

Tabla 6: Valores que son directamente puestos en conflicto en los casos presentados en entrevistas.

Caso	Valores				
	Precisión y rigor	Honestidad e integridad	Respeto por la vida, la ley y los bienes públicos	Liderazgo y comunicación	Igualdad y respeto en el trato
<i>Prestar servicio de acondicionamiento de residuos con personal no capacitado</i>	X				
<i>Diferencias en carga de trabajo lleva a trabajar más horas a administrativos</i>					X
<i>Conflicto entre áreas de Mantenimiento y Mejora Continua por uso de trabajadores</i>		X			X
<i>Falla en proyección de aumento de demanda deshace acuerdo de trabajo entre empresa y trabajadores</i>				X	X
<i>Técnico trabajando 3 semanas de corrido sin descanso porque era muy requerido para línea nueva</i>			X		X
<i>Uso de tecnologías BAT como mejor alternativa para evitar conflictos ambientales</i>			X		

<i>Evaluación de proyectos de automatización que pueden dejar sin trabajo a personas</i>		X	X	
<i>Apropiación indebida de producto innovador de empresa para uso propio</i>	X	X		X
<i>Conflicto entre acuerdo de confidencialidad y observación de malas prácticas ambientales de empresa</i>	X	X	X	
<i>Comentario sexista por parte de jefa a la hora de formar equipo con una ingeniera</i>			X	X
<i>Dejar remanente de residuo en terreno cercano a canal de regadío por requerir mayores obras</i>	X		X	
<i>Observación de sobreexcavación para cobrar más por parte de operario de empresa contratada</i>	X	X		X
<i>Proveedor ofrece almuerzos para ganar interés por parte de equipo del área de adquisiciones</i>	X			
<i>Competencia injusta por puesto laboral, se discrimina según qué tan cercana es la persona postulando</i>	X			X

<i>Jefe de disciplina transfiere responsabilidad a ingeniero más joven para evitar juicios sobre él</i>		X		X	X
<i>Jefes que levantan la voz para ganar autoridad</i>					X
<i>Discriminación hacia contratistas o hacia áreas de empresas que tienen menos producción</i>					X
<i>Uso indebido de firmas digitales en entregables</i>	X	X			X
<i>Uso indebido de condición para ganar provechos</i>		X			X
<i>Exceso de trabajo en horas destinadas por área de ventas en proyecto</i>			X		X
<i>Empresas públicas generan puestos para diluir responsabilidades</i>			X		
<i>Sobredimensionamiento de equipo para vender más</i>		X		X	

Medición de proyectos en base a costo hace que se busque minimizar flexibilidades de la planta

X

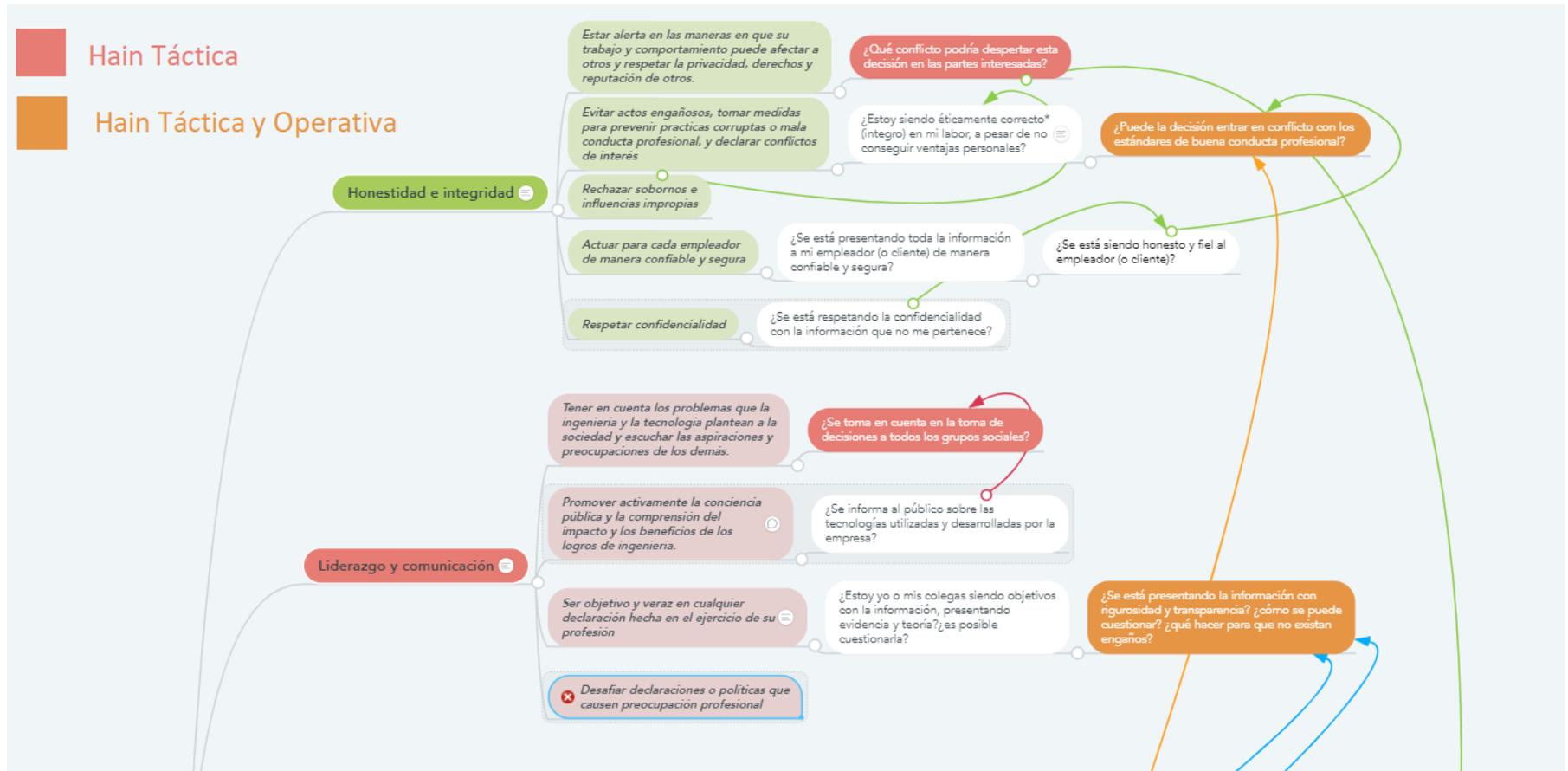
X

Evaluación de personal unilateral, jefe hacia empleado. No se puede evaluar al jefe.

X

X

Anexo 5: Proceso de generación de HAIN Táctica y Operativa



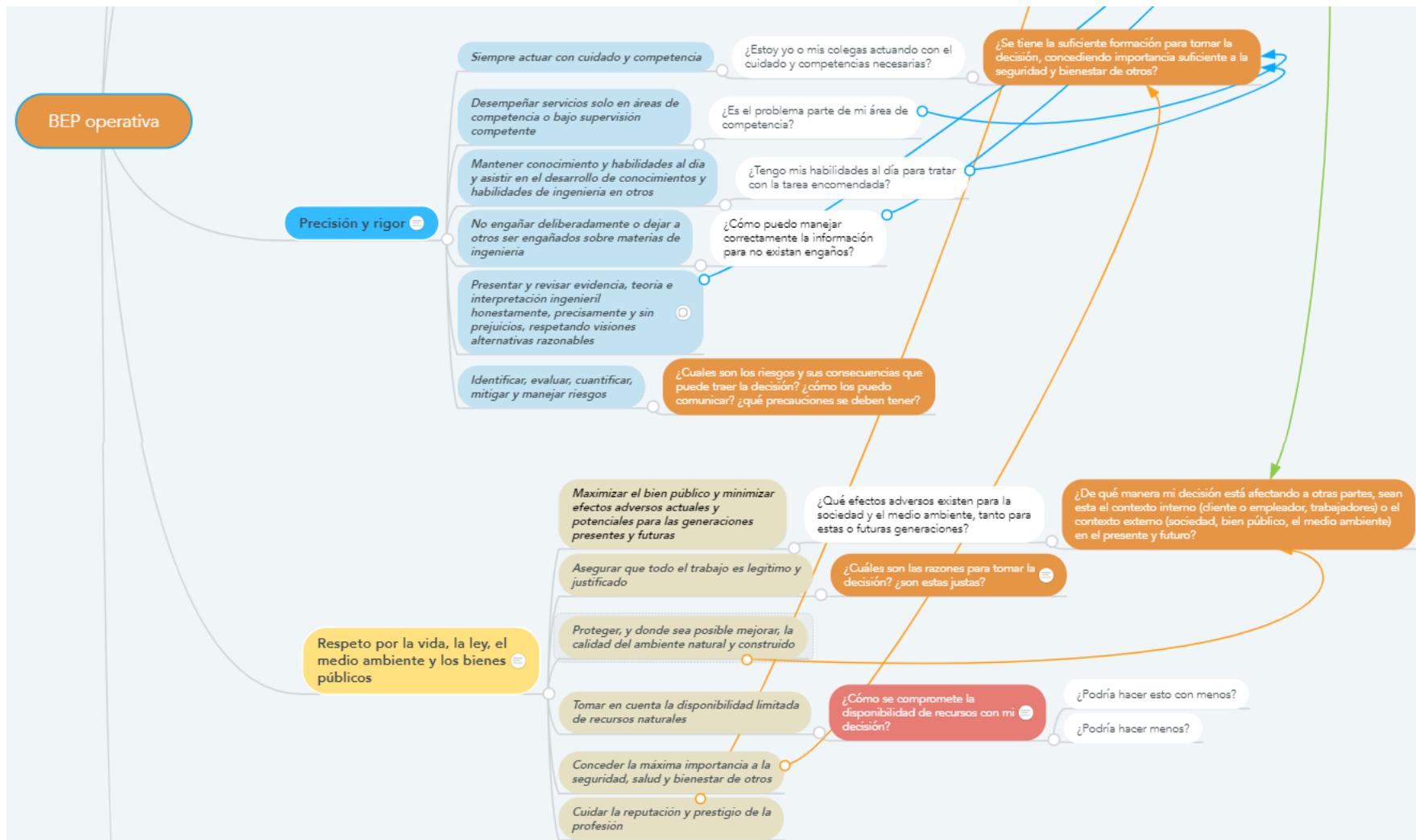




Figura 12: Proceso de generación de HAIN Táctica y Operativa a partir del código de ética de la Royal Academy of Engineering [83], y los casos presentados en las entrevistas.

Anexo 6: Cálculo de porcentaje de aporte sobre el PIB regional.

El año 2018 el PIB regional de la región de O'Higgins fue de 6.733 miles de millones de pesos, por lo cual el proyecto minero, cuyo aporte fue de US \$420 millones, equivalentes a 291,5 miles de millones de pesos al año 2018³⁵. Con esto, haciendo la siguiente razón³⁶, se tiene que:

$$\text{Aporte PIB regional} = \frac{291,5 \text{ miles de millones CLP}}{(6733 + 291,5) \text{ miles de millones CLP}} = 4,15\%$$

³⁵ Usando el valor del dólar en diciembre de 2018 de 694 CLP

³⁶ Dado que es un proyecto ficticio, debe sumarse su aporte al total.