



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS DE DESARROLLO INGENIERÍA,
PARA UNA GERENCIA DE PROYECTOS, BASADO EN EL CONTROL DE COSTOS,
AVANCES Y HORAS DE TRABAJO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CRISTÓBAL ANDRÉS JESSEN LAFORET

PROFESOR GUÍA:
RENÉ ESQUIVEL CABRERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
OMAR CERDA INOSTROZA
IVÁN ÁLVAREZ VALDÉS

SANTIAGO DE CHILE

2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial

POR: Cristóbal Andrés Jessen Laforet

FECHA: 10/09/2019

PROFESOR GUÍA: René Esquivel Cabrera

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS DE DESARROLLO INGENIERÍA, PARA UNA GERENCIA DE PROYECTOS, BASADO EN EL CONTROL DE COSTOS, AVANCES Y HORAS DE TRABAJO

La organización donde se realiza este trabajo es una empresa consultora de ingeniería que desde el año 1977 ha estado ligada a obras de construcción a lo largo del país, entregando servicios de distintos tipos, como la inspección técnica de obras y el gerenciamiento de proyectos. Contando con más de 1.200 empleados y \$USD 60 millones en ventas anuales, esta empresa es reconocida en todo el país por su calidad y compromiso en el desarrollo de sus funciones. Esta organización inicia su desarrollo como una empresa enfocada en la inspección técnica de obras, para luego ir incluyendo otros servicios a medida que pasaba el tiempo, aumentando su tamaño y participación en Chile.

Para el estudio, se ha seleccionado la Gerencia de Ingeniería, un área que entrega servicios de desarrollo de ingeniería básica, conceptual y de detalle. Se eligió esta área debido a que es una gerencia que presentó pérdidas importantes durante el año 2018 y existía una incertidumbre de la real causa de estas. Dichas pérdidas tuvieron como consecuencia la baja en el resultado anual de la gerencia, opacando el buen resultado de otros servicios del área. Se planteó como hipótesis la ausencia de información clave para la gestión y el control de los proyectos, seguido de un déficit en la rigurosidad de la medición, la reportabilidad y el control de avances.

Con el objetivo de tratar este problema, se realizarán análisis detallados que busquen explicar de dónde provienen las principales pérdidas y así poder aportar en la generación de una solución aterrizada. Los análisis serán realizados mediante entrevistas a los actores clave del proceso, manipulación de las bases de datos y de información obtenida en contratos y planificaciones. Con el fin de conocer a cabalidad la rama asociada a la dirección de los proyectos, se recurrirá a la teoría atingente, en particular a la “Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos”, del Project Management Institute, que declarará los aspectos claves a controlar para ejercer una buena gestión de proyectos. Así, se propone la creación de un Sistema de Control de Proyectos que busque dar solución a las problemáticas planteadas y que sea atingente al contexto del área.

La potencialidad de este estudio es sumamente alta, debido a que estos tipos de proyectos están presentes en tres de las seis gerencias que manejan proyectos, por lo tanto, los resultados obtenidos en este análisis y el desarrollo de este sistema de control se podrán replicar en diferentes escenarios a lo largo de toda la compañía aumentando así los beneficios otorgados.

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres, Iván y Claudia sin los cuales hubiese sido imposible alcanzar esta meta. Ellos, día a día me enseñan la importancia del esfuerzo y la perseverancia. A Nicolás, por ser un apoyo incondicional. A Carolina, por enseñarme tanto y estar presente en los momentos indicados.

Quiero agradecer también a Camila por ser la mejor compañera que se puede pedir. Gracias por ser un pilar fundamental durante estos años y apoyarme en los momentos complicados. Día a día te admiro y aprendo muchas cosas de ti.

Sumo a mis agradecimientos a Ignacio, José Tomás, Florencia y Josemaria, quienes siempre estuvieron dispuestos a compartir un momento cuando la situación lo ameritaba.

De manera grupal, quisiera agradecer a mis primas y primos, con los cuales compartí más de una experiencia durante este período. Así mismo a mis familiares, que de alguna u otra manera se hicieron presentes.

Agradezco a todos aquellos que formaron parte de este bonito proceso, lleno de situaciones tanto buenas como no tan buenas. A todos con los cuales compartí el nerviosismo antes de un examen, el placer de una conversación distendida o bien, el cansancio luego del deporte realizado.

Agradezco a Gustavo E., René E., Omar C. y Jorge A., quienes me apoyaron en la realización de este trabajo

Tabla de contenido

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS DE DESARROLLO INGENIERÍA, PARA UNA GERENCIA DE PROYECTOS, BASADO EN EL CONTROL DE COSTOS, AVANCES Y HORAS DE TRABAJO.....	i
Agradecimientos.....	ii
Tabla de contenido.....	iii
Índice de Ilustraciones.....	vi
Índice de Gráficos	vii
Índice de Tablas.....	vii
CAPÍTULO 1: CONTEXTO DE LA EMPRESA.....	9
1.1 Características de la Organización.....	9
1.1.1 Rubro.....	9
1.1.2 Misión y Principios.....	9
1.1.3 Organigrama.....	10
1.1.4 Servicios Ofrecidos.....	10
1.1.5 Clientes.....	11
1.1.6 Dimensionamiento de la Actividad de la Empresa.....	12
1.1.6.1 Ventas.....	12
1.1.6.2 Oficinas	13
1.1.6.3 Ventaja Competitiva	13
1.2 Desempeño Organizacional	13
1.2.1 Plan Estratégico al 2022.....	14
1.3 Gerencia de Ingeniería.....	15
1.3.1 Estrategia	15
1.3.2 Características y Principales Funciones	16
1.3.3 Servicios Ofrecidos.....	17
1.3.3.1 Inspección Técnica de Obras.....	17
1.3.3.2 Gerenciamiento de Proyectos	18

1.3.3.3	Desarrollo de Ingeniería.....	19
1.3.4	Información Inicial de los Proyectos de Ingeniería.....	21
1.3.4.1	Gestor Documental	22
CAPÍTULO 2: JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....		23
2.1	Problema u Oportunidad	23
2.1.1	Situación Proyectos de Ingeniería	23
2.1.2	Hipótesis y Alternativa de Solución.....	27
2.1.3	Propuesta de Valor de la Solución.....	28
CAPÍTULO 3: OBJETIVOS		28
CAPÍTULO 4: MARCO CONCEPTUAL.....		30
4.1	Proyectos	30
4.1.1	Características del Proyecto.....	30
4.1.2	Ciclo de Vida de un Proyecto	31
4.2	Dirección de Proyectos	31
4.2.1	Grupo de Procesos de Seguimiento y Control.....	32
4.3	Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management, EVM)	33
4.3.1	Medidas de Monitoreo, Evaluación y Control de los Costos.....	34
4.4	Gestión de la Duración Ganada (Earned Duration Management, EDM)	36
4.4.1	Notaciones del Nivel Micro	36
4.4.2	Notaciones del Nivel Macro:	37
4.4.3	Medidas de Monitoreo, Evaluación y Control de la Duración	38
4.5	Pronósticos y Otros Usos.....	39
4.6	Control de Proyectos Actualmente	40
CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA.....		42
CAPÍTULO 6: RESULTADOS ESPERADOS Y ALCANCES		44
6.1	Resultados Esperados	44
6.2	Alcances.....	44

CAPÍTULO 7: DESARROLLO.....	45
7.1 Análisis e Investigación Preliminar.....	45
7.1.1 Análisis Base de Datos de Costos.....	45
7.1.2 Análisis Horas Trabajadas.....	47
7.2 Diagnóstico de Situación Actual.....	51
7.2.1 Organización en el Desarrollo de Proyectos.....	51
7.2.2 Recursos Temporales.....	52
7.2.3 Control de los Costos	53
7.2.4 Recursos Humanos	53
7.2.5 Control de la Calidad	54
7.2.6 Control del Alcance.....	56
7.2.7 Gestión de la Integración del Trabajo	57
7.2.8 Gestión de los Interesados	57
7.2.9 Resumen	58
7.3 Benchmarking	60
7.3.1 Desempeño de Colaboradores.....	61
7.3.2 Percepción de la Calidad.....	62
7.4 Propuesta del Sistema de Control de Proyectos.....	63
7.4.1 Inscripción de un Proyecto	63
7.4.2 Proceso de Asignación de Horas.....	67
7.4.3 Construcción Variables de Avance.....	69
7.4.4 Reuniones de avance	72
7.4.4.1 Tiempo	73
7.4.4.2 Costo.....	74
7.4.4.3 Recursos Humanos.....	75

7.4.5	Notas de cambio.....	75
7.4.6	Distribución del Tiempo	76
7.4.7	Contratación de Personal	77
7.4.8	Cierre del proyecto	79
CAPÍTULO 8: RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA		81
8.1	Sistema de Información.....	81
8.2	Fases de la Implementación	82
8.2.1	Requerimientos Tecnológicos y de Personal.....	82
8.2.2	Comunicación del Modelo	82
8.2.3	Canales de Comunicación	83
8.2.4	Materialización Gradual de Cambios	83
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....		84
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS		88

Índice de Ilustraciones

Ilustración N° 1:	Organigrama	10
Ilustración N° 2:	Organigrama gerencia resumido.....	16
Ilustración N° 3:	Organigrama Inspección de Obras	18
Ilustración N° 4:	Organigrama Gerenciamiento.....	19
Ilustración N° 5:	Organigrama Diseño de Ingeniería	21
Ilustración N° 6:	Relación procesos de monitoreo y control	32
Ilustración N° 7:	Relación tres grupos principales	65
Ilustración N° 8:	Proceso de Asignación de Horas	69
Ilustración N° 9:	Proceso de Cambio en el Contrato	76
Ilustración N° 10:	Variación a proceso de Reclutamiento.....	79

Índice de Gráficos

Gráfico N° 1: Distribución clientes según ventas.....	12
Gráfico N° 2: Distribución servicios según ventas.....	12
Gráfico N° 3: Evolución número de clientes.....	14
Gráfico N° 4: Retraso de proyectos analizados.....	24
Gráfico N° 5: Resumen variables principales modelo de EVM.....	35
Gráfico N° 6: Resumen variables principales EDM.....	39
Gráfico N° 7: Participación (horas) según semanas del proyecto.....	48

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Datos demográficos de la gerencia.....	17
Tabla N° 2: Fechas relevantes proyectos analizados.....	25
Tabla N° 3: Resumen información financiera proyectos de ingeniería.....	26
Tabla N° 4: Rentabilidad acumulada proyectos de ingeniería.....	27
Tabla N° 5: Proporción de costos de proyectos.....	45
Tabla N° 6: Información desagregada de costos de proyectos.....	46
Tabla N° 7: Utilización porcentual según semana del proyecto.....	49
Tabla N° 8: Resumen horas utilizadas y disponibles.....	49
Tabla N° 9: Contabilización de horas utilizadas y disponibles.....	50
Tabla N° 10: Informe de avance proyecto de ingeniería.....	54
Tabla N° 11: Descripción revisiones para ingeniería básica.....	55
Tabla N° 12: Descripción revisiones para ingeniería de detalle.....	55
Tabla N° 13: Resumen diagnóstico.....	59
Tabla N° 14: Entradas y salidas proceso de Inscripción de Proyectos.....	64

Tabla N° 15: Información necesaria para Informe Semanal de Horas	68
Tabla N° 16: Distribución horaria según tipo de trabajo	77
Tabla N° 17: Resumen Sistema de Control relacionado con la estrategia del área.	80

CAPÍTULO 1: CONTEXTO DE LA EMPRESA

1.1 Características de la Organización

1.1.1 Rubro

La empresa analizada es una organización ligada a obras de construcción la cual presta servicios profesionales de ingeniería a sus clientes. Lleva 42 años en el rubro y es reconocida por su excelencia, compromiso y calidad al momento realizar sus servicios. Cuenta con aproximadamente 1.200 trabajadores y 166 proyectos vigentes desarrollándose en Chile, Paraguay y Colombia. Durante el desarrollo de este trabajo, no se especificará el nombre de esta empresa, debido a la confidencialidad que tienen los datos presentados.

El sector industrial donde se desarrolla esta empresa se detalla de la siguiente manera por la Asociación de Empresas Consultora de Ingeniería en Chile (AIC): "... empresas que desarrollan estudios, proyectos y prestan servicios en diversas áreas de actividad como la minería, energía, infraestructura, industria, transporte, telecomunicaciones, y medio ambiente entre otras" [1].

1.1.2 Misión y Principios

Esta organización se caracteriza por ser una empresa familiar, con un compromiso social muy grande y con principios y valores claros. Así, declaran como misión lo siguiente:

“Proveer servicios de Ingeniería de Calidad, desarrollados con Costos Competitivos, usando adecuadas tecnologías y técnicas de Gerenciamiento de Proyectos, con el objeto de agregar Valor Para nuestro cliente o mandante.”

La compañía no tiene una visión declarada, sin embargo, posee principios claros:

- Satisfacción de nuestros clientes.
- Honestidad, integridad, lealtad y respeto.
- Excelencia Profesional y Responsabilidad Personal.
- Trabajo en Equipo.
- Constante Búsqueda por mejorar.

A su vez, la empresa se esmera en desarrollar políticas que guíen su actuar en relación a temas que son importantes para esta. Estas políticas son:

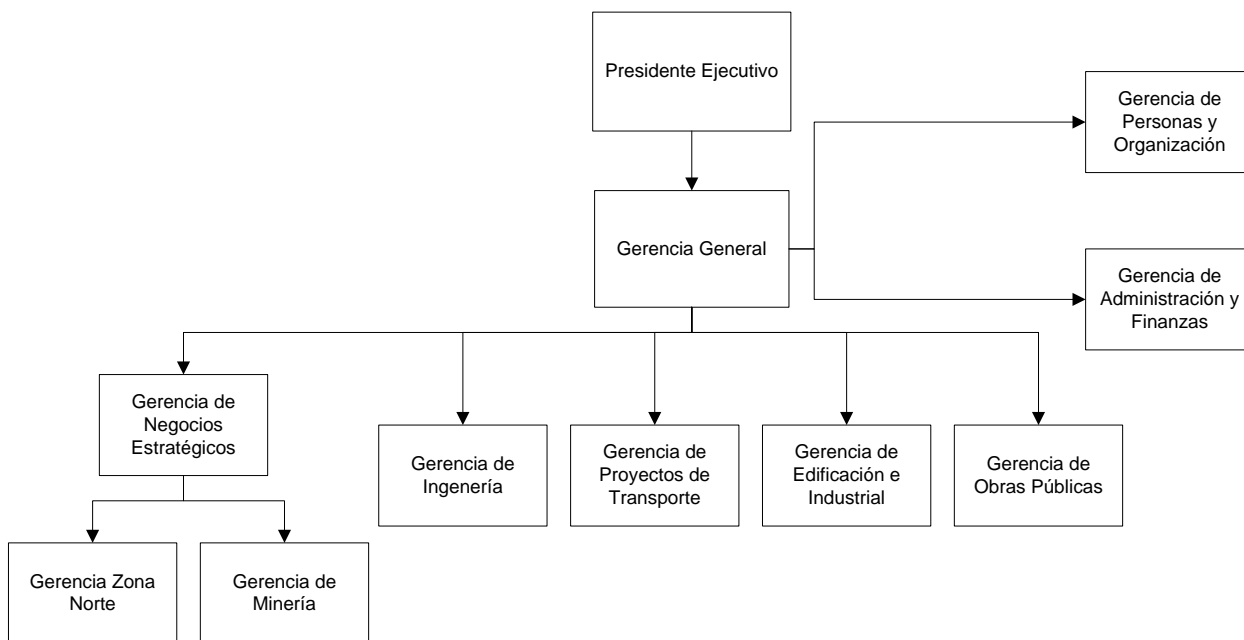
- Política de Desarrollo Sustentable
- Política de Calidad
- Política de Prevención de Riesgos y Seguridad y Salud Ocupacional (SSO)
- Política de Medio Ambiente
- Política de Alcohol y Drogas
- Política de Cumplimiento y Prevención de Delitos.

Sumado a estos principios, la empresa presenta un rol social importante, siendo participantes activos de programas junto al Hogar de Cristo, aportando con voluntariados y donaciones.

1.1.3 Organigrama

La empresa se organiza de una manera jerárquica, posicionando en la cabeza a una presidencia ejecutiva, seguida de una gerencia general, siete gerencias operativas y dos gerencias de apoyo. El organigrama diseñado por la empresa se puede apreciar en el anexo N°1. Para este estudio se recrea uno en la ilustración N°1.

Ilustración N° 1: Organigrama



Fuente: Intranet Corporativa de Empresa.

1.1.4 Servicios Ofrecidos

Los servicios que ofrece la empresa a sus clientes son los siguientes:

- Asesoría a la Inspección Fiscal
- Asesoría a la Inspección Técnica de Explotación
- Gerenciamiento
- Inspección Técnica de Obras
- Ingeniero Independiente
- Informe
- Building Information Modeling
- Asesoría
- Monitoreo

- Due Dilligence Técnico
- Proyecto de Ingeniería
- Unidad del Control Externo

No se entrará en detalle de todos los servicios aquí listados, debido a que no todos aportan a la investigación. De manera general, los proyectos aquí listados están relacionados con la asesoría al diseño y a la construcción de obras. En los siguientes capítulos se ahondará en los Proyectos de Ingeniería, ya que guarda directa relación con el área de la empresa que se analizará.

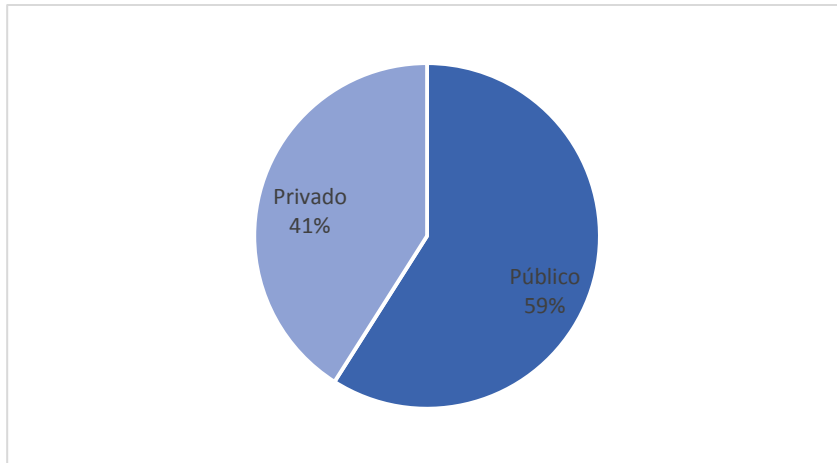
1.1.5 Clientes

Esta es una empresa de desarrollo de proyectos, los cuales tienen duraciones variables. Existen proyectos que duran algunos meses, y otros que pueden durar años hasta su finalización. Así, se genera una estrecha relación con los clientes (o mandantes), buscando satisfacer sus necesidades y solicitudes durante el trabajo. Estos clientes demandan servicios desde el ámbito privado y del público. Para el caso de las entidades públicas, la mayor parte de los servicios son prestados al Ministerio de Obras Públicas (MOP) del Estado de Chile. Esta entidad cuenta con cinco unidades ejecutoras, que son la Dirección de Aeropuertos, Arquitectura, Obras Hidráulicas, Obras Portuarias y Vialidad [2]. Todas estas entidades han recibido servicios de parte de la empresa mediante diferentes gerencias y en diferentes circunstancias.

Los clientes privados son variables tanto en tamaño como en industrias, ya que van desde sociedades de inversiones hasta clínicas de salud y empresas de transporte. Luego de la apertura de un complejo de oficinas en la ciudad de Antofagasta el año 2010, la empresa ha desarrollado diversos proyectos relacionados con la industria minera, proyectos de energía y sus empresas proveedoras. En el sur de Chile, ha entregado servicios a la industria pesquera, forestal, petroquímica, vial, portuaria, educacional, entre otras. Actualmente, primer semestre del 2019, el número total de clientes de la compañía es de 86.

En términos de ventas durante el año 2018, la relación entre entidades públicas y privadas es de un 59% y un 41% respectivamente. El gráfico N°1 muestra dicha relación porcentual entre los ingresos provenientes de clientes de tipo privados y público. Así, esta es una empresa que se sustenta principalmente por los contratos desarrollados con el estado de Chile.

Gráfico N° 1: Distribución clientes según ventas



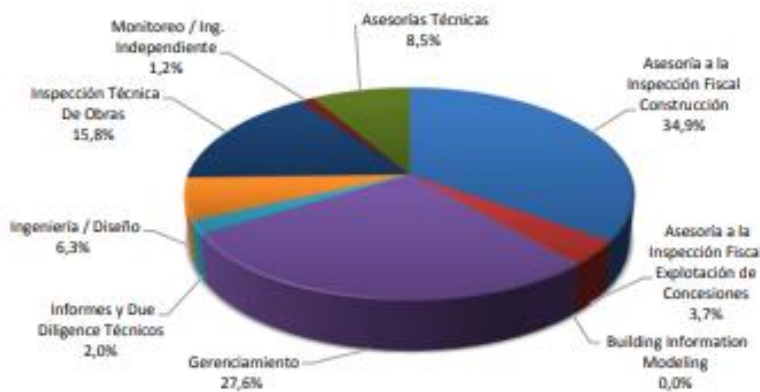
Fuente: Elaboración propia a partir de informe Indicadores de Gestión 2018.

1.1.6 Dimensionamiento de la Actividad de la Empresa

1.1.6.1 Ventas

El área de Control de Gestión de la empresa, mediante el informe de gestión anual, declara que las ventas durante el año 2018 alcanzaron un aproximado de \$USD 60 MM. Estos se distribuyen entre los servicios ofrecidos de la manera en que lo muestra el gráfico N°2. Como se mencionó anteriormente, no se entrará en detalle de lo que representan estos servicios, sin embargo, todos están ligados a la construcción, siendo requeridos en diferentes etapas del proceso.

Gráfico N° 2: Distribución servicios según ventas



Fuente: Informe de Indicadores de gestión 2018.

1.1.6.2 Oficinas

Como se mencionó anteriormente, esta empresa tiene una gran presencia en Chile, llegando a tener proyectos en todas las regiones del país. Sumado a eso, mantiene proyectos vigentes en Colombia y Paraguay. Para administrar este nivel de proyectos, cuenta con un total de seis complejos de oficinas propias: dos en Santiago, una en Concepción, una en Antofagasta, una en Bogotá y una en Asunción. En dichas oficinas se realizan labores de administración de contratos y de gerencias.

Además de estos complejos propios, la empresa arrienda oficinas en caso de tener proyectos que así lo ameriten. El número de sucursales es sumamente variable, ya que cada mes existen proyectos iniciando y finalizando.

1.1.6.3 Ventaja Competitiva

En el caso de la ventaja competitiva, la empresa declara lo siguiente: “El capital humano es el principal factor de producción para el crecimiento económico, es la fuente de ventajas competitivas de la empresa, es el recurso más importante y más estratégico que poseemos” [3].

A su vez, y tomando en cuenta la opinión de medios de comunicación [4], esta empresa se diferencia de otras debido a su experiencia y seriedad. Genera confianza en las relaciones laborales y pone siempre al cliente en el foco del desarrollo de los proyectos.

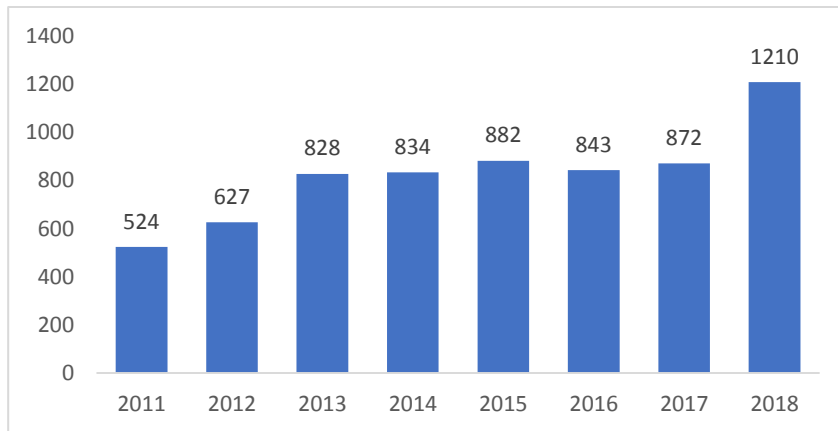
1.2 Desempeño Organizacional

Esta empresa está actualmente en una etapa de crecimiento, lo que se puede apreciar desde tres puntos de vista distintos. En primer lugar, la cantidad de proyectos vigentes ha aumentado significativamente en los últimos cinco años. Luego, la cantidad de trabajadores, número que ha venido creciendo drásticamente desde el año 2013, aspecto que se condice con la cantidad de proyectos vigentes. Y, por último, si bien el aumento en las ventas no ha crecido tanto como los dos puntos anteriores, también ha mostrado un aumento.

Para el mes de abril del 2018, la empresa tenía un total de 120 proyectos vigentes. Actualmente, luego de la compra del 60% de PSI Consultores [5], una empresa dedicada al rubro de la ingeniería eléctrica, ese número alcanzó un total de 166 proyectos vigentes, a finales de marzo del año 2019.

Como segundo punto, el aumento de proyectos trae consigo, en parte, el aumento en la cantidad de personas. En el gráfico N°3 se puede apreciar el aumento progresivo de la cantidad de trabajadores en los últimos ocho años.

Gráfico N° 3: Evolución número de clientes



Fuente: Elaboración propia a partir de repositorio de bases de datos del personal.

Por último, el nivel de ventas alcanzado el año 2017 fue de \$USD 55 MM. Y por su parte, el año 2018 fue de un total de \$USD 60 MM.

1.2.1 Plan Estratégico al 2022

Al analizar una empresa como la presente, es sumamente importante destacar el proceso en el cual está inmersa. Este consiste en la implementación de un plan estratégico hacia el año 2022 que tiene como objetivo “preparar a la compañía para el futuro, afrontando los desafíos y riesgos identificados, con enfoque en la creación de valor, en un contexto de digitalización creciente” [6]. Es con ese objetivo que se definieron cuatro focos fundamentales que guiarán el actuar de la compañía en estos cinco años. Los focos son los siguientes:

- Capacidad Comercial
- Digitalización
- Conocimiento.
- Gestión de Personas.

Cada uno de estos focos tiene una planificación de actividades sumamente detallada, que, al cumplirla, se estarán cumpliendo los objetivos propuestos por cada uno. Si bien el presente trabajo no desarrolla una actividad en específico del plan 2022, se enmarca en un contexto de ánimos de reflexión sobre procesos actuales y mejoras en la gestión. Específicamente el foco de digitalización tiene el siguiente propósito: “Mejorar la productividad, tiempos de respuesta, tasa de errores, redundancia y calidad de vida de los profesionales, mediante el uso de tecnologías digitales que fortalezcan los sistemas y procesos de negocios” [7]. Con esto, se puede notar que la organización está interesada en actualizar metodologías actuales y utilizar las tecnologías para realizar una mejor labor en la gestión. Ver anexo N°2 para conocer los propósitos de los otros focos del plan estratégico.

A continuación, se procederá a justificar el tema de memoria, comenzando por una descripción del área en la cual se realiza el trabajo, para luego mostrar los antecedentes que motivan el estudio y, por último, la propuesta de solución al problema u oportunidad seleccionada.

1.3 Gerencia de Ingeniería

La Gerencia de Ingeniería es una de las nueve gerencias de esta empresa de ingeniería. Tal como se mencionó en el organigrama, esta forma parte de las gerencias operativas debido a que desarrolla proyectos. Ésta área de negocios es creada en septiembre del año 2012 y su ámbito de desarrollo incluye clientes del mundo privado y público, a los que se entregan servicios de Gerenciamiento, Inspección Técnica de Obras e Ingeniería. El acceso a diferentes proyectos es a través de licitaciones públicas, privadas y tratos directos, esta última cada vez más escasa pero que da cuenta de la fidelidad de clientes privados, que esperan obtener nuevamente un servicio de calidad por parte de la organización [8].

La Gerencia de Ingeniería posee un amplio campo para el desarrollo de sus funciones, teniendo como restricción su participación en proyectos de Asesoría a la Inspección Fiscal para el MOP, los cuales son el foco estratégico de la Gerencia de Obras Públicas (otra gerencia de desarrollo de proyectos dentro de la empresa).

Dentro de los sectores en que la Gerencia de Ingeniería se desempeña es posible mencionar la minería, la energía, el transporte, la industria, el saneamiento, la edificación, entre otros.

1.3.1 Estrategia

Desde un punto de vista estratégico, la gerencia de ingeniería se suscribe al plan corporativo con miras al año 2022. Así, en el desarrollo de este trabajo, se incluirán variables que apunten a la misma dirección estratégica de la empresa. Se buscará que las soluciones y propuestas vayan de la mano con los lineamientos estratégicos de la empresa. Así, se muestran los objetivos estratégicos del plan, relacionados con la gerencia de ingeniería.

Capacidad comercial: buscar el permanente aumento de las ventas y la productividad y realizar servicios que sean técnica y económicamente competitivos.

Digitalización: buscar mejorar los equipos y medios de comunicación y almacenamiento, de manera que se pueda tener acceso a la información actualizada de manera rápida y segura.

Conocimiento: buscar poner a disposición de la gerencia, el conocimiento acumulado del desarrollo de los proyectos, de cara al cliente y para la gestión interna.

Gestión de Personas: buscar mejorar la gestión de la búsqueda de profesionales y los procesos de selección y contratación.

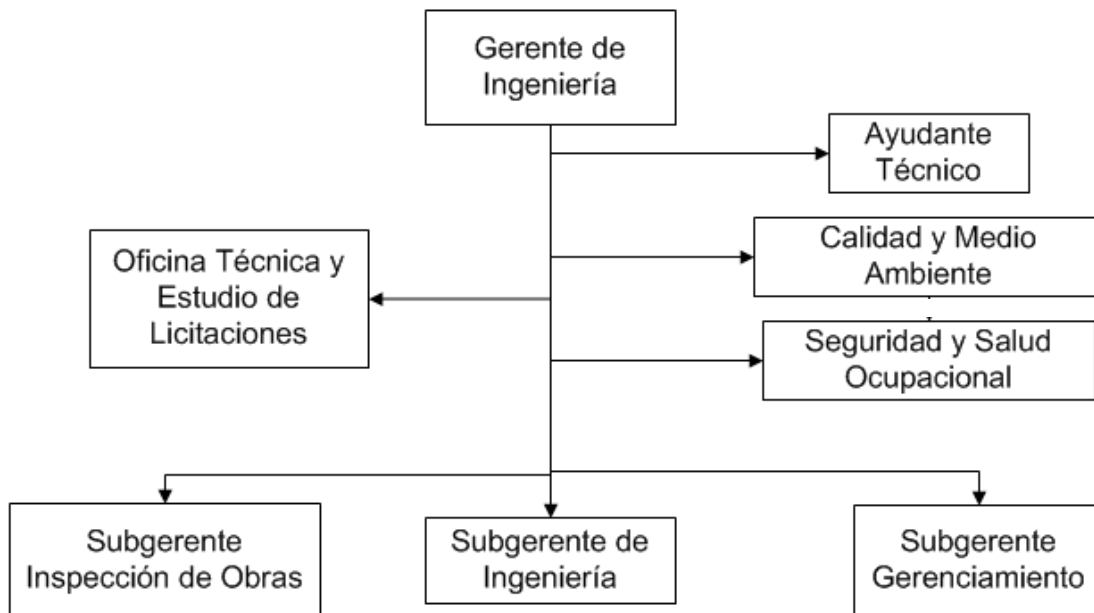
1.3.2 Características y Principales Funciones

En su dirección, la gerencia cuenta con un gerente y 3 subgerentes; uno para cada servicio entregado:

- Inspección Técnica de Obras (ITO)
- Desarrollo de Ingeniería (ING)
- Gerenciamiento de Proyectos (GTO).

Parte del organigrama de la gerencia se puede visualizar en la ilustración N°2. Esta ilustración no muestra el organigrama en su totalidad, sino que solo enuncia las tres grandes áreas de proyectos mencionados. Al momento de describir los servicios ofrecidos, se mostrarán los aspectos faltantes.

Ilustración N° 2: Organigrama gerencia resumido



Fuente: Elaboración propia a partir del manual de Gestión Gerencia de Ingeniería desarrollado por la gerencia.

La gerencia cuenta con 78 personas. Como su nombre lo indica, esta gerencia está compuesta mayoritariamente por profesionales relacionados con el desarrollo de ingeniería, destacando que, de aquel número, 27 personas son Ingenieros Civiles y de ellos, 19 tienen la especialidad de Ingeniería Civil Civil. El segundo título más frecuente es el de Constructor Civil con un total de 11 personas. Luego, existen 10 personas que no poseen título profesional y que desempeñan labores administrativas o de apoyo. Algunos datos demográficos de los trabajadores se encuentran en la tabla N°1.

Tabla N° 1: Datos demográficos de la gerencia

Ítem	Valor
Promedio de edad de las personas	46,46 años
Promedio de permanencia en la empresa	6,46 años
Personas con contrato indefinido	78 (100% de la gerencia)

Fuente: Elaboración propia con información entregada por el área de Control de Gestión.

1.3.3 Servicios Ofrecidos

A continuación, se describirán cada uno de los servicios mencionados, poniendo énfasis en el desarrollo de ingeniería debido a que es el servicio que justifica el presente trabajo.

1.3.3.1 Inspección Técnica de Obras

En este servicio, se hace una representación del propietario durante la ejecución de una obra, realizando los siguientes servicios:

- Control de calidad: consiste en el cumplimiento de las especificaciones técnicas y la coordinación de modificaciones de obras.
- Control de los Costos: consiste en el cumplimiento del presupuesto y negociaciones de obras extraordinarias.
- Control de los Plazos: consiste en cumplir con los avances e hitos del proyecto y aprobaciones de estados de pagos.

Dentro de los proyectos de ITO que entrega esta gerencia, se pueden destacar los proyectos sanitarios, ferroviarias, marítimas, civiles y energía. El organigrama, que proviene del mostrado en la ilustración anterior, se puede apreciar en la ilustración N°3.

Ilustración N° 3: Organigrama Inspección de Obras



Fuente: Elaboración propia a partir del manual de Gestión Gerencia de Ingeniería desarrollado

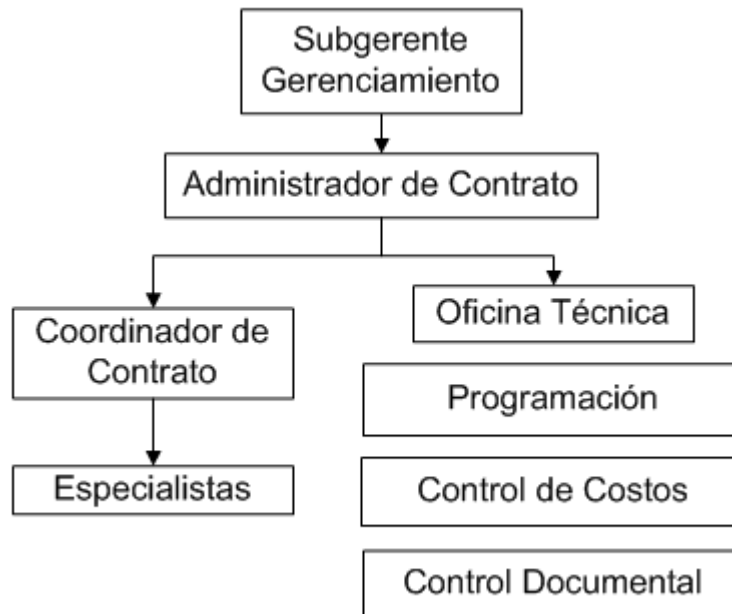
1.3.3.2 Gerenciamiento de Proyectos

Este servicio consiste en la asesoría en cualquiera de las etapas de un proyecto de inversión, realizando:

- Administración Integral de Proyectos
- BIM – Building Information Modeling
- Gestión de Licitaciones
- Puesta en Marcha, comisionamiento y entrega al usuario, entre muchos otros.

En el caso del gerenciamiento, el área destaca proyectos relacionados al transporte ferroviario y a obras de edificación. Al igual que para los servicios de inspección técnica de obras, la manera en que se organizan los trabajadores de esta área se puede apreciar en la ilustración N°4.

Ilustración N° 4: Organigrama Gerenciamiento



Fuente: Elaboración propia a partir del manual de Gestión Gerencia de Ingeniería desarrollado.

1.3.3.3 Desarrollo de Ingeniería

Con este servicio se realizan estudios de pre-factibilidad o factibilidad de la inversión; se prestan servicios de diseño de ingeniería, tanto a nivel de ingeniería básica como de detalles. Se evalúan proyectos, se realizan programaciones, se elaboran planes de ejecución y control de las obras, siempre según lo que requiera el mandante. En este tipo de proyecto, el área destaca servicios de ingeniería básica y de detalle asociadas a proyectos de instalaciones ferroviarias, mineras e industriales, sumado a proyectos de *retail*.

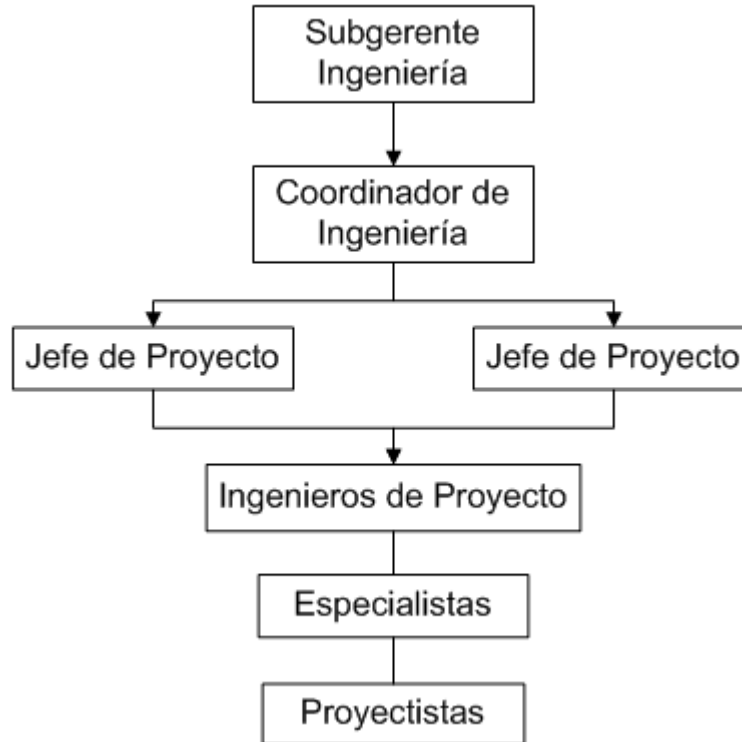
Jorge Rivas Varas, miembro del Consejo de la Especialidad Civil, en un documento publicado por el Colegio de Ingenieros de Chile, define de manera acertada los servicios mencionados en el párrafo anterior [9].

1. Estudio de pre-factibilidad: Corresponden a la primera evaluación técnico-económica del proyecto. Se requiere información topográfica del terreno además de un análisis de la geología del lugar y la calidad del terreno. Además, se deben determinar los primeros datos de dimensiones, costos de construcción, costo de ingeniería y administración del contrato, entre otros. Con este estudio se determinan los indicadores económicos del proyecto (VAN, TIR).

2. Estudio de factibilidad: En este estudio se pretende afinar los cálculos hechos en el estudio de pre-factibilidad para obtener una mayor certeza en el ámbito técnico y económico. Se debe definir completamente el tipo de obra que se realizará siempre en concordancia con la normativa regulatoria. Así, se deben hacer estudios de diseños más avanzados de las obras para lo cual se requiere una topografía terrestre. También se requiere una definición mucho más precisa de los costos, con el fin de determinar completamente los indicadores económicos, además del costo ambiental, el de la obtención de permisos necesarios, el del acuerdo con las comunidades, entre otros. Se debe analizar cómo se financiará el proyecto.
3. Ingeniería Básica: La ingeniería básica es la etapa en la que se realizan los estudios definitivos que permitan determinar las formas y dimensiones de las obras y los equipos definitivos que constituirán las obras generando sus planos y especificaciones técnicas para construirlas. Este estudio debe ser tan preciso que permita a un licitante definir su precio con la garantía de que la información provista es fiel. La diferencia principal con la ingeniería de detalle es que la primera tiene como objetivo brindar información para licitar y, la segunda debe entregar información para construir. La ingeniería básica culmina con el presupuesto final de la obra a construir.
4. Ingeniería de Detalle: Esta comprende la confección de los planos de forma de las enfierraduras, de las obras de hormigón armado y los planos de fabricación de las estructuras metálicas.

Así, el organigrama del área que desarrolla estos proyectos se puede ver en la ilustración N°5. Ver el anexo N°3 para apreciar de manera gráfica los servicios mencionados junto con el resto de los pasos necesarios para el desarrollo de una obra de construcción.

Ilustración N° 5: Organigrama Diseño de Ingeniería



Fuente: Elaboración propia a partir del manual de Gestión Gerencia de Ingeniería desarrollado.

1.3.4 Información Inicial de los Proyectos de Ingeniería

Como se vio en el organigrama de la Gerencia de Ingeniería, existe un área llamada “Estudio de Licitaciones”. Esta, tiene como propósito la adjudicación de proyectos nuevos, mediante la generación y presentación de la oferta técnica y económica, las cuales definen los principales aspectos del servicio a prestar: profesionales, precio, plazos, entre muchos otros. Una vez adjudicado un proyecto, toda esta información mencionada ya está generada y se procede a la validación de los profesionales y los plazos establecidos. Cabe destacar que el monto ofrecido en la oferta económica corresponde al monto que el cliente pagará durante el servicio, así, es importante velar por el cumplimiento de estos montos y fechas. A continuación, se describirán los documentos que se manejan al iniciar un proyecto de desarrollo de ingeniería:

- Planificación: Documento desarrollado por el área de estudio de licitaciones que detalla cómo se organizarán los documentos entregables a lo largo del tiempo.

Es una carta Gantt que determina qué y cuándo se debe hacer. Ver anexo N°4 para ejemplo.

- Contrato: Es la base de la licitación, donde se detallan los deberes de la empresa en términos de plazos, multas, formatos, entre otros. Ver anexo N°5 para ejemplo.
- Presupuesto: Este documento es interno de la gerencia y detalla cuantas horas debe trabajar cada profesional necesario para la elaboración de un entregable y cuánto le cuesta a la empresa la hora de dicha persona. Este presupuesto también detalla todos los costos y gastos previstos, así como la utilidad esperada de un proyecto en particular. Ver anexo N°6 para ejemplo.

En esta sección se enumeraron los documentos iniciales que le dan una organización y orden al proyecto. Para el caso del presupuesto se detalla el costo de cada profesional por hora; además de cuántas horas son necesarias para desarrollar algún entregable. Luego, resume en una lista cada entregable y los costos directos del proyecto, para luego agregar los gastos directos e indirectos, sumar una utilidad definida y así, declarar un precio a cobrar. Esta es una información sumamente valiosa para la gestión del proyecto, sin embargo, no se considera al finalizar el proyecto. Así, al cerrar un contrato, no existe un documento que indique cómo fue el desempeño del proyecto, a excepción del resultado entregado por el área de Control de Gestión, el que se mencionará más adelante.

Por lo tanto, al iniciar un proyecto, se cuenta con una cantidad de información importante concerniente al desarrollo del proyecto. Esta información es sumamente relevante ya que determina los pasos a seguir para poder desarrollar de manera correcta el servicio y será utilizado más adelante en el estudio.

1.3.4.1 Gestor Documental

El Gestor Documental es un software desarrollado por programadores internos que sirve para agilizar la entrega y revisión de documentos en un proyecto en específico. Este programa consiste en una sesión donde los profesionales ingresan y luego seleccionan el o los proyectos en los cuales trabajarán, cuántas horas le dedican a un entregable en particular y, por último, suben sus archivos para que pasen a revisión. Este software entrega HH trabajada por sesión, documentos desarrollados y avances y revisión según una planificación. El objetivo principal de este software fue agilizar la entrega de documentos desde las diferentes disciplinas de los servicios entregados.

El problema de este programa es que no se usa en todos los proyectos y, algunas personas que lo han usado, declaran que es poco amigable y que no está actualizado; lo que genera problemas y limitaciones en su uso. Algunos de estos problemas apuntan a que no se pueden cargar todo tipo de archivos al sistema, o bien, que es rígido al habilitar las casillas para los distintos entregables. Cabe mencionar que para llegar a estos hallazgos se realizaron entrevistas a jefes de proyectos y especialistas.

CAPÍTULO 2: JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

2.1 Problema u Oportunidad

A continuación, se indicará el problema y la oportunidad que enfrenta el área de ingeniería de la empresa.

2.1.1 Situación Proyectos de Ingeniería

En el período analizado, los proyectos de desarrollo de ingeniería tuvieron una rentabilidad menor a la esperada, al punto de que algunos de ellos reportaron pérdidas relevantes. Esto genera costos importantes para la gerencia, ya que sus ingresos están siendo menores a sus costos asociados. Así, para el año 2018, los proyectos de Ingeniería en su totalidad, reportaron pérdidas de \$500 MM de pesos aproximadamente (ver tabla N°3).

Para poder comprender el problema e identificar la oportunidad, se definirá la rentabilidad medida por la empresa. En primer lugar, hay que definir cinco aspectos importantes para este cálculo:

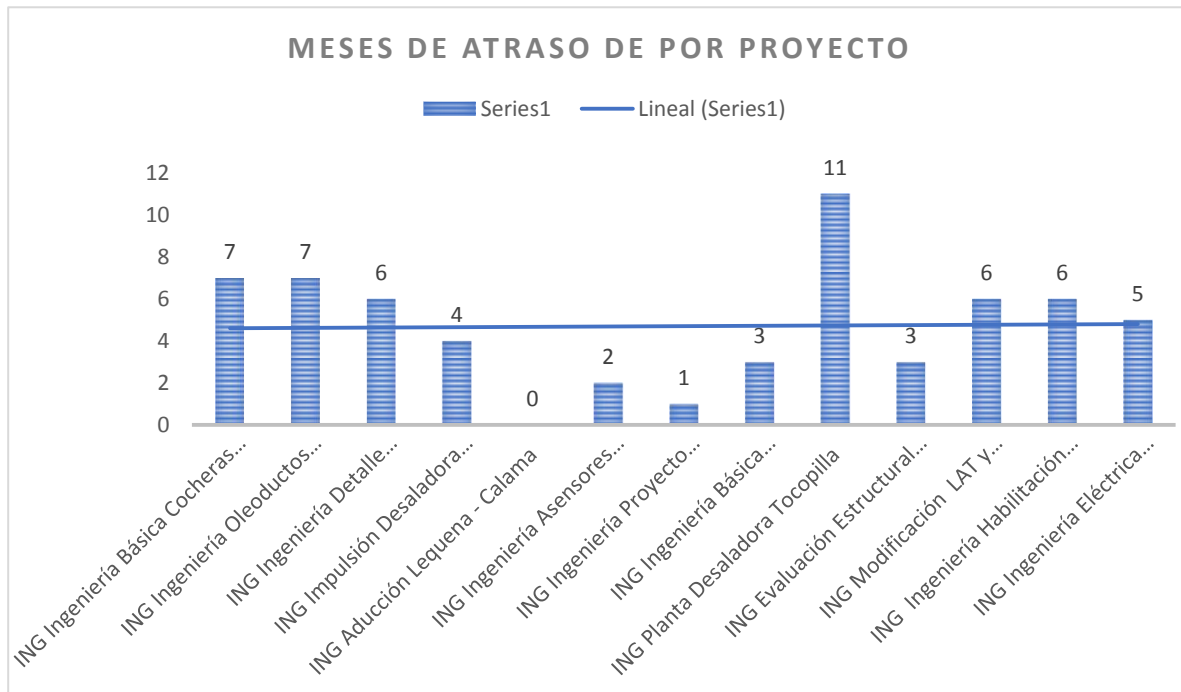
- Ingreso: Consiste en todo lo que el cliente le paga a la empresa.
- Costo Contable: Todos los costos asociados al proyecto mismo; son principalmente sueldos y viáticos de trabajadores, vehículos arrendados e implementos de medición topográfica.
- Costo de Gestión: Son los ajustes financieros que debe hacer la Gerencia de Finanzas para la correcta gestión de los proyectos.
- Distribución Costos GIN: Esta distribución, al igual que la anterior, corresponde a una asignación de cobros para cada proyecto, provenientes de la mantención del gerente, de las tres subgerencias y del equipo administrativo.
- Gasto Oficina Central: Este gasto consiste en una asignación de cobro para cada gerencia, que proviene de la mantención de las gerencias no operativas, que son la Gerencia General, la Gerencia de Administración y Finanzas; y, la Gerencia de Personas y Organización.

Así, se calculan valores que se utilizarán para evidenciar el problema a tratar.

Para el análisis, se tomaron todos los proyectos de ingeniería que se desarrollaron entre el año 2017 y 2018 (incluido), por la gerencia. Se obtuvieron 19 proyectos, de los cuales 13 serán analizados, ya que seis iniciaron previo a 2017. Se tomó en cuenta, en primer lugar, la fecha estimada de término del proyecto, con la fecha real de finalización (información en tabla n°2). Así, para los proyectos terminados, se obtuvo que 12 de los 13 se atrasaron, alcanzando un promedio de 4,7 meses cada uno, marcado por la línea horizontal azul. La distribución de meses de atraso de los demás proyectos se puede visualizar en el gráfico N°4. Los proyectos que no tienen fechas declaradas es porque

comenzaron previo a 2017, por lo tanto, no se tiene información completa de cuando comenzaron.

Gráfico N° 4: Retraso de proyectos analizados



Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Resultados por Proyecto GIN enero-diciembre 2018.

Tabla N° 2: Fechas relevantes proyectos analizados

Proyecto	Fecha estimada de término	Fecha real de término	Diferencia (meses)
ING Proyectos Cambios de Servicios Ascensores Metro L1 y L2	-	-	-
ING Ingeniería Básica Cocheras L2 Metro S.A.	01-02-2018	01-09-2018	7
ING Ingeniería Oleoductos Sonacol	01-10-2017	01-05-2018	7
ING Ingeniería Detalle Estanque Ancla	01-12-2017	01-06-2018	6
ING Impulsión Desaladora Tocopilla	01-01-2018	01-06-2018	4
ING Aducción Lequena - Calama	01-01-2018	01-01-2018	0
ING Ingeniería Ascensores Etapas 5 y 6 Metro	01-11-2017	01-04-2018	2
ING Estudio y Monitoreo Civil Red Metro	-	-	-
ING Ingeniería Básica y Detalle Proyecto Turbozyme	-	-	-
ING Básica y Detalle Proyecto Candy	-	-	-
ING Mitigación Vibraciones Tpte. Neumático	-	-	-
ING Ingeniería Proyecto FINDING DORY	01-10-2017	01-11-2017	1
ING Ingeniería Básica Normalización Bodegas	01-03-2018	01-06-2018	3
ING Planta Desaladora Tocopilla	01-05-2018	01-03-2019	11
ING Evaluación Estructural Aducción Vaca	01-03-2018	01-06-2018	3
ING Modificación LAT y Aducción Agua Tratada	01-06-2018	01-12-2018	6
ING Ingeniería Habilitación Piso 13 CEP6000	01-09-2018	01-03-2019	6
ING Ingeniería Eléctrica Albemarle	01-08-2018	01-01-2019	5
ING Revisión Proyecto Relleno Sanitario de Curaco	-	-	-
Promedio			4.69

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Resultados por Proyecto GIN enero-diciembre 2018.

Luego de hacer el análisis con respecto a los atrasos de los proyectos, se procede a hacer un análisis con respecto a los ingresos y costos de los proyectos. Se tomó el resultado detallado del desempeño de la gerencia durante el año 2018 separado por tipo de proyecto y se puede apreciar que el desarrollo de ingeniería terminó el año con un resultado operacional negativo igual \$513.835.870 pesos chilenos. Esto implica que la rentabilidad porcentual (ROG/Ventas) de la gerencia, durante 2018, fue negativa, alcanzando un -48,41%. Cabe destacar que la gerencia tuvo ingresos totales, durante el mismo período, de \$4.180.289.744 pesos chilenos; de esos un 25,39% corresponden a ingresos de proyectos tipo ingeniería.

Así, se puede concluir que los proyectos de ingeniería en su generalidad, no están siendo rentables y están haciendo que la gerencia pierda dinero. Ver la tabla N°3 donde se resume la información aquí presentada.

Tabla N° 3: Resumen información financiera proyectos de ingeniería

Proyectos de Ingeniería año 2018	
Resultado Operacional	\$ -513.835.870
Rentabilidad Porcentual	-48,41%
Ingresos totales	\$1.061.375.566
Porcentaje de Ingresos dentro de GIN	25,39%

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Resultados por Proyecto GIN enero-diciembre 2018.

Al momento de hacer una mirada más profunda, se trató de analizar proyecto a proyecto, con el fin de analizar qué provocaba los valores mostrados. Al conocer los resultados por proyecto, se notó que existía una variabilidad importante en los diferentes proyectos de ingeniería. Algunos ofrecían rentabilidades acumuladas de 84,78%, mientras otros de -250,13%, sin tener evidencia en la práctica de que el primer proyecto es sumamente mejor que el segundo (ver tabla N°4). Se consultó con el Jefe de Control de Gestión por qué ocurría esta diferencia en los proyectos y se evidenció una limitación en la asignación de los profesionales a los proyectos. Como se mencionó anteriormente, cada profesional asigna una proporción de su trabajo a la realización de entregables de un proyecto. Sin embargo, para el cálculo del reporte, se asigna un profesional completo a un solo proyecto (ver anexo N°7 de la base de datos de la Gerencia de Personas y Organización, que utiliza el área de Remuneraciones como nómina para el pago de sueldos). Esto sugiere que una persona asignada en un proyecto, no genera costos en otro, aun si es que trabaja en dicho proyecto. Así, esta situación genera un grave problema debido a que con la información que brinda el área de control de gestión (directamente de la contabilidad), no se puede determinar el nivel de rentabilidad de los proyectos, ni comprar entre ellos; lo que no permite realizar gestión. Ver anexo N°8 para visualizar el desglose de costos e ingresos asignados a cada proyecto.

Tabla N° 4: Rentabilidad acumulada proyectos de ingeniería

Proyecto	Rentabilidad acumulada proyecto
ING Proyectos Varios	-16,73%
ING Apoyo Proyectos L6 y L3 Metro	-51,96%
ING Servicio de Ingeniería CODELCO - DMH	-15,89%
ING Ingeniería Ascensores Etapas 5 y 6 Metro	84,78%
ING Estudio y Monitoreo Civil Red Metro	-1,98%
ING Ingeniería Básica Cocheras L2 Metro S.A.	66,95%
ING Ingeniería Oleoductos Sonacol	-74,53%
ING Ingeniería Detalle Estanque Ancla	56,39%
ING Impulsión Desaladora Tocopilla	25,93%
ING Aducción Lequena - Calama	79,06%
ING Ingeniería Básica Normalización Bodegas	31,37%
ING Planta Desaladora Tocopilla	-250,13%
ING Evaluación Estructural Aducción Vaca	39,71%
ING Modificación LAT y Aducción Agua Tratada	42,87%
ING Servicio de Ingeniería CODELCO - GABY	-47,22%
ING Ingeniería Habilitación Piso 13 CEP6000	58,18%
ING Ingeniería Eléctrica Albemarle	-6,13%

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Resultados por Proyecto GIN enero-diciembre 2018.

En resumen, se tiene que los proyectos de ingeniería se atrasan en promedio cinco meses y que en su totalidad generan pérdidas monetarias a la empresa, sin embargo, no se puede conocer qué ocurre internamente en un determinado proyecto, debido a que no se lleva un registro preciso ni una bitácora del mismo.

2.1.2 Hipótesis y Alternativa de Solución

Con la información presentada a lo largo de la investigación, se determinan ciertas hipótesis con respecto al desarrollo de proyectos de ingeniería en la organización. La hipótesis planteada es:

“La falta de información actualizada y precisa que existe con respecto a los proyectos de desarrollo de ingeniería, dificulta la gestión de los mismos y no permite tomar decisiones, lo que los afecta directamente disminuyendo su rentabilidad”.

Así, asumiendo que la hipótesis se cumple, lo que se propone es desarrollar un sistema que permita monitorear los proyectos a medida que se van desarrollando para poder tomar acciones preventivas, corregir malas prácticas y eliminar las grandes variaciones del con el presupuesto. Esta solución se basa principalmente en un trabajo presentado en el International Journal of Managing Projects in Business (Jugdev & Walker & Fortune, 2012), en su versión de enero de 2012 [10]. Haciendo un análisis estadístico, en este documento se concluye que para organizaciones que sean novatas en la

gestión de proyectos, deberán integrarse utilizando Herramientas y Métodos; las primeras son Cartas Gantt, Estructuras de Descomposición del Trabajo (WBS, por sus siglas en inglés), Rutas Críticas, entre otras. Y, a su vez, los métodos son los propuestos en el libro llamado Project Management Institute's Body of Knowledge Guide [11], cuyo uso se detallará en el marco conceptual. Así, este trabajo recomienda integrar lo recién mencionado, antes de agregar aspectos como el Control Mediante Software, Metodologías de Toma de Decisiones, Evaluaciones de Riesgo y Sistemas de Soporte de Tecnologías de Información y Comunicación.

Por lo tanto, dado que este tipo de proyectos cuenta con las herramientas mencionadas (Cartas Gantt, planificaciones), se propone integrar lo que aparece en libro del PMI a la dirección y control de los proyectos. Como se mencionó, esta información estará descrita en el capítulo 4.

2.1.3 Propuesta de Valor de la Solución

En primer lugar, dados los ingresos de la Gerencia de Ingeniería y la participación que tienen los proyectos en cuestión, en estos, se determina que la solución ofrecida puede contribuir al ahorro de sumas importantes de dinero. A modo de ejemplo, un 1% de los ingresos de los proyectos de ingeniería, durante las actividades del año 2018, es igual a \$10.613.756 pesos chilenos aproximadamente. Con esto se busca promover la idea de que, dadas las magnitudes de los montos tratados, un pequeño porcentaje de variación, significa una cifra relevante para el área analizada.

Por otro lado, la solución planteada ofrece una potencialidad importante, debido a que esta gerencia, no es la única que ofrece servicios de ingeniería. Así, determinando un sistema para gestionar este tipo de proyectos, se puede replicar en otras gerencias que también los desarrollen. Actualmente, existen tres áreas en la empresa que desarrollan proyectos de desarrollo de ingeniería. Siguiendo la misma línea, la empresa presta otros tipos de servicios que pueden ser similares a este, en términos de formatos de planificación, entregables y desarrollo; por lo tanto, se podría aplicar el mismo sistema a dichos proyectos, cambiando solo aspectos superficiales. Así, este trabajo presenta una visión estratégica del control de los proyectos, planteando no solo un set de variables a controlar, sino que una metodología para enfrentar proyectos y desarrollarlos de una manera correcta.

CAPÍTULO 3: OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo de memoria es el siguiente:

Generar un sistema de control de proyectos de desarrollo de ingeniería, que mida y controle información relevante para la gerencia, y que permita reportar sus avances físicos y temporales para reducir variaciones en el presupuesto.

Los objetivos específicos, que contribuyen a alcanzar el objetivo general, son los siguientes:

- Definir qué indicadores debe medir y conocer el encargado de proyecto, para ejercer una buena gestión y control de los mismos a partir de investigación teórica y entrevistas análisis del contexto de la gerencia.
- Determinar qué variables se necesitan manejar para crear dichos indicadores tomando en cuenta las tecnologías habilitantes y declarando la necesidad de nuevas tecnologías en caso necesario.
- Establecer un procedimiento claro para recoger u obtener la información necesaria, definiendo nivel de precisión, periodicidad y personas clave para su recolección.
- Establecer un proceso de control que se aplique en los eventos clave de un proyecto y que indique en qué circunstancias analizar las variables e indicadores generados.
- Establecer un sistema de control de gestión alineado a los objetivos estratégicos de la empresa y atingente al contexto del área.

CAPÍTULO 4: MARCO CONCEPTUAL

4.1 Proyectos

Como se comentó anteriormente, el estudio se realiza en base a proyectos de desarrollo de ingeniería. Para el desarrollo de la investigación, se debe tener un conocimiento previo de lo que implica desarrollar un proyecto. Para esto, usamos definiciones de la “Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos”, desarrollada por el Project Management Institute (PMI) [12].

4.1.1 Características del Proyecto

Un proyecto es un esfuerzo temporal que lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

1. **Temporal:** Esto significa que el proyecto tiene un inicio definido y un final definido. El final se alcanza cuando se han logrado los objetivos del proyecto o cuando queda claro que los objetivos del proyecto no serán o no podrán ser alcanzados, o cuando la necesidad del proyecto ya no exista y el proyecto sea cancelado. Temporal no necesariamente implica que sea de corta duración, sino que implica que tienen una duración finita.
2. **Productos, servicios o resultados únicos:** Un proyecto crea productos o entregables únicos. Productos entregables son productos, servicios o resultados. Los proyectos pueden crear:
 - Un producto o artículo producido, que es cuantificable, y que puede ser un elemento terminado o un componente.
 - La capacidad de prestar un servicio como, por ejemplo, las funciones del negocio que respaldan la producción o la distribución.
 - Un resultado como, por ejemplo, salidas o documentos. Por ejemplo, de un proyecto de investigación se obtienen conocimientos que pueden usarse para determinar si existe o no una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad.
3. **Elaboración Gradual:** La elaboración gradual es una característica de los proyectos que acompaña a los conceptos de temporal y único. “Elaboración gradual” significa desarrollar en pasos e ir aumentando mediante incrementos. La elaboración gradual de las especificaciones de un proyecto debe ser coordinada cuidadosamente con la definición adecuada del alcance del proyecto, particularmente si el proyecto se ejecuta en virtud de un contrato. Una vez definido correctamente, el alcance del proyecto deberá controlarse a medida que se elaboran gradualmente las especificaciones del proyecto y del producto.

4.1.2 Ciclo de Vida de un Proyecto

Para facilitar la gestión, los directores de proyectos o la organización pueden dividir los proyectos en fases, con los enlaces correspondientes a las operaciones de la organización ejecutante. El conjunto de estas fases se conoce como ciclo de vida del proyecto.

El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin. La definición del ciclo de vida del proyecto puede ayudar al director del proyecto a determinar si deberá tratar el estudio de viabilidad como la primera fase del proyecto o como un proyecto separado e independiente. El traspaso de una fase a otra está definido generalmente por el cumplimiento de los entregables de la fase previa. Cabe destacar que es usual que una fase comience sin haber aprobado todos requisitos de la fase previa, siempre y cuando los riesgos involucrados sean aceptables.

Los ciclos de vida del proyecto son importantes debido a que definen:

- Tipos de trabajos que se deben realizar en cada fase.
- Plazos y formas de generación, revisión y verificación de entregables.
- Personas involucradas en cada fase.
- Cómo controlar y aprobar cada fase.

La mayoría de los ciclos de vida de los proyectos, comparten determinadas características comunes. En primer lugar, sus fases son secuenciales y existe alguna transferencia de información o componentes entre ellas. Por otro lado, el nivel de coste y de personal es bajo al comienzo y alcanza su nivel máximo en las intermedias y cae rápidamente cuando el proyecto se aproxima a su conclusión.

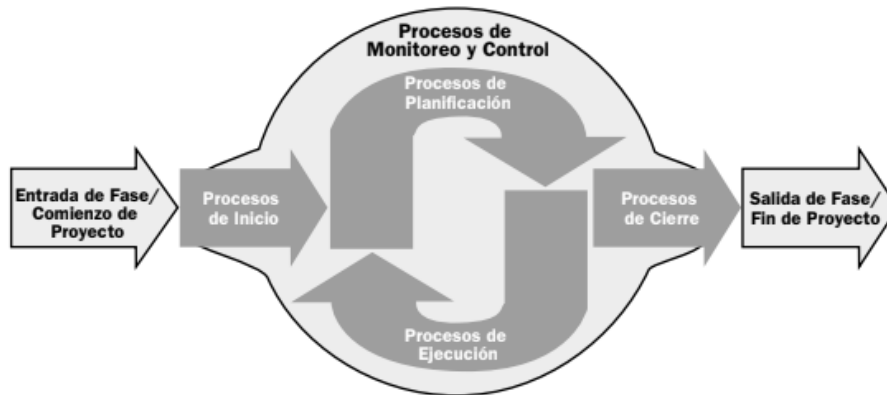
4.2 Dirección de Proyectos

El capítulo número tres de la “Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos” del PMI declara la función y la importancia de la gestión de los proyectos.

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para satisfacer los requisitos del mismo. La dirección de proyectos se logra mediante la ejecución de procesos usando conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas de la dirección que reviven entradas y generan salidas.

Los procesos de dirección de proyectos se dividen en cinco grupos de dirección de proyectos: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre (no confundir con las fases del proyecto). Se puede apreciar la relación que guardan estos cinco grupos en la ilustración N°6.

Ilustración N° 6: Relación procesos de monitoreo y control



Fuente: *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) Tercera Edición 2004*
Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EE.UU.

Para el caso de estudio, será necesario entrar en el detalle del grupo de proceso de Seguimiento y Control. Este mide y supervisa regularmente el avance, a fin de identificar las variaciones respecto de la planificación inicial del proyecto. Esto tiene como objetivo tomar acciones correctivas cuando sea necesario para cumplir con los objetivos del proyecto.

4.2.1 Grupo de Procesos de Seguimiento y Control

Este grupo de procesos se componen de aquellos procesos realizados para observar la ejecución del proyecto de forma que se puedan identificar los posibles problemas oportunamente y adoptar acciones correctivas, para controlar la ejecución del proyecto. Este grupo también incluye controlar los cambios y recomendar acciones preventivas. Este grupo realiza seguimiento de las actividades en curso del proyecto, comparándolas con el plan de gestión del proyecto; además, influye sobre los factores que podrían eludir el control integrado de cambios de tal forma que solamente se implementen los cambios aprobados. Este seguimiento continuo proporciona al equipo del proyecto una idea acerca de la salud del proyecto y resalta cualquier área que necesite atención adicional.

El grupo de Procesos de Seguimiento y Control incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

1. **Supervisar y Controlar el trabajo del Proyecto:** Es el proceso necesario para recoger, medir y difundir información sobre el rendimiento y para evaluar las mediciones y tendencias para mejorar el proceso. Este proceso sirve para identificar riesgos de manera temprana, que se informe de su estado y que se ejecuten los planes de riesgos apropiados. El seguimiento incluye informes de estado, medición de avance y previsiones. Información general respecto del alcance, cronograma, coste, recursos, calidad y riesgo.

2. Control Integrado de Cambios: Es el proceso necesario para controlar los factores que producen cambios, a fin de asegurarse que esos cambios sean beneficiosos, así como para determinar si ha producido un cambio y gestionar los cambios aprobados.
3. Verificación del alcance: Proceso necesario para formalizar la aceptación del producto entregable terminado del proyecto.
4. Control de Alcance: Proceso necesario para controlar los cambios en el alcance del proyecto.
5. Control del Cronograma: Proceso necesario para controlar los cambios en el cronograma del proyecto.
6. Control de Costes: Es el proceso de ejercer influencia sobre los factores que crean variaciones y controlar los cambios en el presupuesto del proyecto.
7. Realizar Control de Calidad: Es el proceso necesario para supervisar los resultados específicos del proyecto, para determinar si cumplen con los estándares de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio.
8. Gestionar al Equipo del Proyecto: Es el proceso necesario para hacer un seguimiento del desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y coordinar cambios para mejorar el rendimiento del proyecto.
9. Informar el Rendimiento: Es el proceso necesario para recoger y distribuir información sobre el rendimiento. Esto incluye informes de situación, medición de avance y previsiones.
10. Gestionar a los interesados: Es el proceso necesario para gestionar las comunicaciones a fin de satisfacer los requisitos de los interesados en el proyecto y resolver problemas con ellos.
11. Seguimiento y Control de Riesgos: Es el proceso necesario para realizar el seguimiento de los riesgos identificados, supervisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad durante todo el ciclo de vida del proyecto.
12. Administración del Contrato: Es el proceso necesario para gestionar el contrato y la relación entre el comprador y el vendedor, revisar y documentar cuál es o fue el rendimiento de un vendedor y, cuando corresponda, gestionar la relación contractual con el comprador externo del proyecto.

Cada uno de estos procesos tiene entradas y salidas respectivas. Cabe mencionar que no todos los proyectos desarrollan los documentos de la misma forma que indica el Project Management Institute, sin embargo, es importante identificar el objetivo de cada proceso, para poder implementarlo de la mejor manera posible.

4.3 Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management, EVM)

A continuación, se mostrará conceptualmente una metodología utilizada para la gestión de los proyectos en general. Esta metodología se llama Gestión del Valor Ganado (EVM por sus siglas en inglés).

Según el Project Management Institute la EVM es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance de un proyecto. Es un método muy utilizado para la medida del desempeño de proyectos. Es una técnica de dirección de proyectos que requiere la constitución de una línea base integrada con respecto a la cual se puede medir el desempeño a lo largo del proyecto. El EVM establece y monitorea tres dimensiones clave para cada paquete de trabajo:

1. Valor Planificado (PV): Es el presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo programado. Es el presupuesto asignado al trabajo que debe realizarse para completar una actividad. El valor planificado establece el trabajo físico que se debería haber llevado a cabo hasta ese momento. Este no considera la reserva de gestión.
2. Valor Ganado (EV): Es la medida del trabajo realizado en términos del presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es el presupuesto asociado con el trabajo realizado. Nunca puede ser mayor que el PV. Se utiliza para conocer el porcentaje de completitud que tiene un proyecto.
3. Costo Real (AC): Es el costo incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un período de tiempo específico. Es el costo en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV. El AC no tiene límite superior, se medirán todos los costos en los que se incurra para obtener el EV.

Cabe destacar que estas mediciones se pueden determinar tanto para una actividad en particular, como para la suma de actividades completadas o por completar.

4.3.1 Medidas de Monitoreo, Evaluación y Control de los Costos

También se monitorearán las variaciones o desviaciones con respecto líneas base aprobada:

1. Variación del costo, para la actividad i (CV_i). Muestra el monto de déficit o superávit presupuestario para una actividad dada, en un instante de tiempo.

$$CV_i = EV_i - AC_i$$

2. Variación del costo (CV): Es el monto déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real, en un momento determinado. La CV es particularmente crítica debido a que indica la relación entre el desempeño real y los costos incurridos.

$$CV = EV - AC$$

3. Índice del desempeño del costo, para la actividad i (CPI_i). Determina el desempeño de los costos de una actividad. Relaciona el trabajo realizado en una actividad, con el costo incurrido hasta el momento de análisis.

$$CPI_i = \frac{EV_i}{AC_i}$$

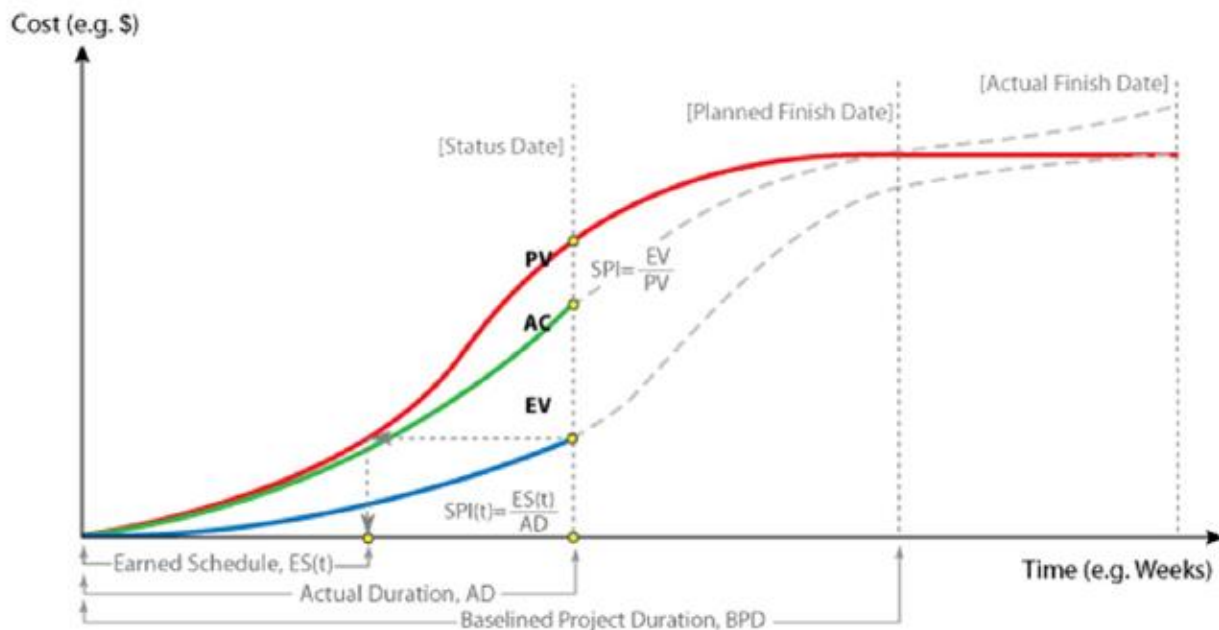
4. Índice del desempeño del costo (CPI). Es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados, expresado como la razón entre el valor ganado y el costo real. Se considera la métrica más crítica del EVM. Un valor CPI inferior a

1,0 indica un costo superior al planificado con respecto al trabajo completado. Un valor de CPI superior a 1,0 indica un costo inferior con respecto al desempeño hasta la fecha.

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

Se puede monitorear e informar sobre los tres parámetros descritos inicialmente por períodos (semanales o mensuales) y de forma acumulativa. Así, el gráfico N°5 muestra la relación ejemplificada de las variables descritas.

Gráfico N° 5: Resumen variables principales modelo de EVM



Fuente: Khamooshi, H. and Golafshani, H. (2013) EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. *International Journal of Managing Projects in Business* 32 (2014) 1019-1041.

Si bien esta metodología es ampliamente utilizada, puede ser perfeccionada para todo lo relacionado con la duración y avance temporal del proyecto. Investigadores (Khamooshi & Golafshani, 2013) proponen una mejora al EVM. Al hacer análisis relacionado a los costos, el EVM no alcanza a detectar variaciones pequeñas, que pueden ser importantes de manera agregada. Estos autores, plantean el modelo de la Gestión de la Duración Ganada (EDM por sus siglas en inglés) [13]. Este modelo no busca desplazar al anterior, sino que fortalecerlo en el área temporal, que presenta debilidades. Este modelo se detallará a continuación.

4.4 Gestión de la Duración Ganada (Earned Duration Management, EDM)

Como ya se mencionó, el modelo EDM propone una mejor aproximación a la temporalidad de un proyecto, dejando de lado el análisis de costos, para centrarse completamente en el tiempo.

En primer lugar, se empieza por diferenciar dos grupos de medidas de duración o planificación. Un set de medidas (considerado como un nivel micro) está centrado en el progreso y en el desempeño de la duración y el costo en un nivel de proyecto, junto con la capacidad de terminar el proyecto dentro de los plazos establecidos y el presupuesto aprobado. Este desempeño permite definir, durante su desarrollo, si el proyecto está o no, dentro de los rangos temporales ideales. Por otro lado (macro), existe un set de medidas que se centra en el desempeño de la estimación. Estas medidas consideran la precisión de las estimaciones previas y miden la capacidad del equipo de entregar el proyecto según el costo y tiempo asignado. Estas medidas comparan el costo o duración planeada con el tiempo y dinero incurrido realmente. Así, se utilizan potencialmente como benchmarking, documentación de lecciones aprendidas, mejorar estimaciones, entre otras.

La diferenciación que aquí cabe establecer es que mientras un proyecto puede terminar en los plazos definidos y dentro del presupuesto aprobado, puede haber entregado una muy deficiente precisión en la estimación de estos valores. Así, para poder hacer un correcto análisis, es necesario, desacoplar la planificación temporal de la dimensión de los costos.

4.4.1 Notaciones del Nivel Micro

Describiendo estas notaciones, se puede ver que las descripciones del EVM están adaptadas desde el libro utilizado anteriormente llamado “A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMI,2013)” [11]. Luego, cabe destacar que se utilizarán siglas en inglés para los términos, por lo tanto, pueden no ser coherentes con el nombre del término.

- a. Línea base de la duración de la actividad i (BPD_i). Es la duración autorizada y asignada a un trabajo planificado. Esta medida es independiente de la situación a la fecha.
- b. Duración planeada de la actividad i (PD_i). Es la cantidad de tiempo asignado para completar la actividad i , hasta el momento en que se realice la medición. Si bien puede ser medido en cualquier instante de tiempo, este va a ser distinto según el momento en que se mida. Es la contraparte del valor planeado en el EVM.
- c. Índice de progreso de la actividad, para una actividad i (API_i). En cualquier momento del proyecto, mide el progreso de una actividad. Este progreso se puede medir de dos maneras: en el caso de que el progreso avance de forma lineal con el tiempo, se pueden asumir valores porcentuales de la duración. Cuando ese no es el caso, se mide según avance físico. La fórmula de dicho índice es la siguiente (notar que $EDTC_i$ es la cantidad estimada de tiempo que falta para terminar la actividad i):

$$API_i = \frac{AD_i}{AD_i + EDTC_i}$$

Este índice oscila entre cero y uno, dependiendo de lo avanzado que esté la actividad analizada.

- d. Duración ganada de actividad planificada (ED_i). En cualquier momento, es el valor del trabajo realizado expresado como una proporción de la cantidad de tiempo asignada para la actividad i . Es similar al valor ganado en el EVM. La fórmula es la siguiente:

$$ED_i = BPD_i * API_i$$

- e. Duración real de la actividad i (AD_i). En cualquier momento, es el tiempo en unidades de calendario entre el inicio real de la actividad y el momento de la medición (ya sea durante o al final de la actividad). Esta es la contraparte del costo real en el EVM.

4.4.2 Notaciones del Nivel Macro:

A un nivel mayor, se definen los siguientes términos:

- a. Línea base de la duración planeada (BPD). Es la duración autorizada asignada para el para el trabajo del proyecto completo, sin considerar la situación a la fecha.
- b. Duración total planificada (TPD). Para el proyecto, en cualquier punto en el tiempo, es la suma de los valores planificados de todas las actividades planeadas, según la línea base del plan. Es necesario especificar que, para esas actividades que se entrecruzan con la situación a la fecha, solo la duración hacia la izquierda de la vertical temporal se analiza se contabiliza para el TPD.

$$TPD = \sum_{i=1}^n PD_i$$

Donde “n” corresponde al número de actividades en progreso y completadas hasta la fecha analizada.

- c. Duración total ganada (TED). Para el proyecto, en cualquier instante de tiempo en particular, es la suma de todas duraciones ganadas para todas las actividades en progreso y completadas hasta ese momento.

$$TED = \sum_{i=1}^n ED_i$$

Donde “n” corresponde al número de actividades en progreso y completadas hasta la fecha analizada.

- d. Duración ganada ($ED(t)$). Para el proyecto, en cualquier instante de tiempo, es la duración correspondiente a la duración total ganada (TED) en la curva S de la duración total planificada (TPD) que, matemáticamente puede expresarse de la siguiente forma.

Encuentra t tal que $TED \geq TPD_t$ y que $TED \leq TPD_{t+1}$ (unidad calendario)

$$ED(t) = t + \frac{TED - TPD_t}{TPD_{t+1} \text{ (unidad calendario)} - TPD_t} * 1 \text{ (unidad calendario)}$$

La unidad calendario representa la unidad en la cual está medido el instante t.

- e. Duración total real (TAD). En cualquier instante de tiempo, corresponde a la suma de todas las duraciones reales de las distintas actividades que están en desarrollo, o bien completadas en el momento del análisis.

$$TAD = \sum_{i=1}^n AD_i$$

Donde “n” corresponde al número de actividades en progreso y completadas hasta la fecha analizada.

4.4.3 Medidas de Monitoreo, Evaluación y Control de la Duración

- a. Índice del desempeño de la duración, para la actividad i (DPI_i). En cualquier instante de tiempo, corresponde a una medida del desempeño de la actividad en términos temporales. Indica qué tan bien va la actividad para entregarse en el instante de tiempo especificado.

$$DPI_i = \frac{ED_i}{AD_i}$$

Este indicador muestra si la actividad está adelantada, a tiempo o bien atrasada con respecto a la planificación. Cabe mencionar que, en el final de la actividad i, este indicador mostrará la precisión de la fecha estimada inicial de entrega.

- b. Índice de la duración ganada, para la actividad i (EDI_i). Compara la duración ganada (en días, por ejemplo) de una actividad, con respecto a lo planeado para ese instante de tiempo en particular.

$$EDI_i = \frac{ED_i}{PD_i}$$

- c. Índice del progreso del proyecto (PPI). Este índice mide el progreso de la duración del proyecto de manera general. Es un valor entre cero y uno, ya que, al inicio del proyecto, la duración ganada es equivalente a cero.

$$PPI = \frac{ED(t)}{BPD}$$

- d. Índice de desempeño de la duración (DPI). En cualquier instante de tiempo, representa el desempeño del proyecto en términos de la planificación inicial.

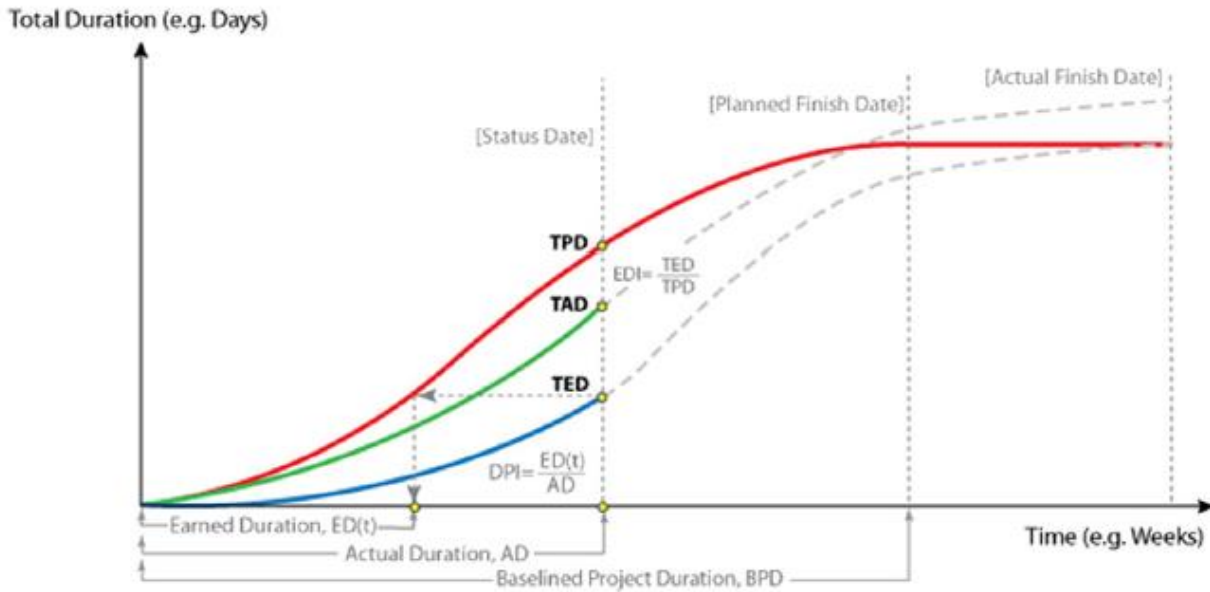
$$DPI = \frac{ED(t)}{AD}$$

- e. Índice de la duración ganada (EDI). En cualquier instante de tiempo, esta medida representa el desempeño del proyecto en términos de la duración ganada, en comparación con lo planeado hasta ese momento.

$$EDI = \frac{TED}{TPD}$$

Así, las variables del modelo recién descrito se pueden apreciar en un gráfico N°6 de curva-S, de manera ejemplificadora.

Gráfico N° 6: Resumen variables principales EDM



Fuente: Khamooshi, H. and Golafshani, H. (2013) EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. *International Journal of Managing Projects in Business* 32 (2014) 1019-1041.

Se acaban de indicar las medidas necesarias para implementar tanto el modelo EVM como el EDM, sumado a un set de indicadores de desempeño de los principales ítems a medir, en el desarrollo de un proyecto. A continuación, se mostrará la manera de realizar pronósticos útiles para el controlador del proyecto.

4.5 Pronósticos y Otros Usos

Desde los indicadores y métricas definidas anteriormente, se pueden establecer valores que servirán para disminuir en cierta medida, la incertidumbre de situaciones futuras. Así, utilizando tanto las notaciones del EVM como del EDM, se presentan las siguientes definiciones.

Duración estimada a la finalización (EDAC), la cual se mide en unidades calendario:

$$EDAC = \frac{BPD}{DPI} = \frac{AD}{PPI}$$

Duración estimada para completar (EDTC):

$$EDTC = \frac{BPD}{DPI} - AD = AD * \frac{(1 - PPI)}{PPI}$$

Adicionalmente, se puede definir la variación de la duración, para la actividad i (DV_i):

$$DV_i = ED_i - PD_i$$

Y el nivel de varianza total de la duración (TDV), muestra la suma total de las desviaciones con respecto al plan, que consiste en una métrica de precisión de la planificación. En otras palabras, es una medida de la desviación total de todas las actividades planeadas hasta cualquier instante de tiempo. Se define de la siguiente manera:

$$TDV = TED - TPD$$

Para medir la desviación del plan en la ruta crítica, se define la variación de la duración para un proyecto (DV), utilizamos la siguiente relación:

$$DV = ED(t) - AD$$

Por último, para completar el análisis de ambos modelos, se definen indicadores que determinan la calidad de las estimaciones hechas a partir de las notaciones recién planteadas. Estas son dos, una para la estimación de los costos (EVM) y otra para la estimación relacionada a la temporalidad del proyecto.

1. Índice de la estimación de la duración, para la actividad planeada i (DEI_i). Esta medida compara la duración planeada con la duración real de una actividad, para medir la precisión de las estimaciones hechas, de la siguiente manera:

$$DEI_i = \frac{BPD_i}{AD_i}$$

2. Índice de la estimación del costo, para la actividad i (CEI_i). Esta variable ayuda a determinar la calidad de la precisión del costo estimado original. Se calcula de la siguiente manera:

$$CEI_i = \frac{BPV_i}{AC_i}$$

Es sumamente importante destacar que estas últimas dos variables se deben usar para reportar precisión de costos y duraciones estimadas solo cuando las actividades están completas. Los autores (Khamooshi y Golafshani) declaran que, basados en la experiencia, estos indicadores son generalmente menores a uno, según la Ley de Parkinson, la cual establece “El trabajo se expande hasta rellenar el tiempo disponible para su ejecución”. Para ver un resumen de las fórmulas hecho por los investigadores del modelo, ver anexo N°9.

4.6 Control de Proyectos Actualmente

Una aproximación aún más certera, utilizando el EDM propone un estudio (Yusefi, 2016) de la Universidad de West Virginia, en Estados Unidos. Este estudio se titula “Uso de Control Estadístico para Índices de Programas en EDM” (nombre

traducido del inglés) [14]. En este trabajo se propone utilizar análisis estadísticos como procesos de control a las variables definidas por el EDM. Esta investigación establece criterios asociados a variaciones en los valores de estas variables, con el objetivo de definir si un proceso está o no fuera de control y así, levantar alarmas. Por ejemplo, el primer criterio para declarar que un proceso está fuera de control es que una variable caiga, de un punto a otro, más de tres desviaciones estándar. Así, se declaran otros tres criterios para indicar descontrol.

Este análisis estadístico propone mejorar aún más el proceso de control de proyectos, sin embargo, es rígido en los requisitos necesarios para su correcta aplicación. Para poder implementar satisfactoriamente este modelo, se debe probar que cada valor medido en las variables, sea independiente y que, en conjunto, sigan una distribución normal. Dado que el presente trabajo busca establecer un sistema de control de proyectos, no se tienen datos históricos respecto a las variables que se generarán, por lo tanto, no se pueden declarar ciertos los requisitos planteados por el documento citado. Es por esto que, se propone implementar este modelo estadístico al caso de estudio una vez se genere suficiente data como para probar las hipótesis que plantea.

Parar este trabajo, se limitará el uso hasta los modelos de EVM y EDM propuestos y descritos anteriormente, iniciando por la implementación de las principales variables de ambos modelos, para continuar con las siguientes.

CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA

La metodología en este informe tiene como objetivo establecer una estrategia para la implementación del marco conceptual propuesto. Para ello, se enunciará una secuencia de pasos que se siguieron para cumplir el objetivo planteado. Estos pasos serán explicados de una manera detallada buscando que quede claro qué y cómo se hizo el trabajo. De modo general, la metodología abarca lo siguiente.

1. Análisis preliminares de los proyectos de ingeniería.
2. Diagnóstico de la forma en que controlan proyectos en la Gerencia de Ingeniería.
3. Benchmarking del control de proyectos en empresa de ingeniería.
4. Definición de metodología de generación de variables clave.
5. Generación del proceso de control e indicadores asociados a ellos.

El análisis preliminar tiene como objetivo brindar una descripción detallada de los proyectos de desarrollo de ingeniería en la empresa. En primer lugar, se analiza la base de datos de los costos de la gerencia, filtrando por período y tipo de proyecto, para analizar los ítems contables que generan costos durante la ejecución de un proyecto. Dichos ítems se contabilizan y se ordenan según su impacto monetario y de frecuencia presentando las líneas iniciales de dónde actuar para controlar los proyectos. En el mismo análisis preliminar se toma la planificación y el presupuesto de un proyecto terminado, seleccionado por su riqueza de contenido, debido a que consistió en desarrollar 3 especialidades de ingeniería (estructural, sanitaria y eléctrica). Con la planificación, se confecciona una tabla que describe la participación de los profesionales del proyecto, a medida que transcurren las semanas de desarrollo. Luego, esta ocupación semanal (y por hora), se compara con los sueldos pagados a dichos profesionales. Con estos análisis ya se tiene una idea clara de dónde se inserta el dinero en el desarrollo de un proyecto de esta índole.

Una vez terminado el análisis preliminar se procede con el diagnóstico. Para ello se determinan líneas generales del control de proyectos, separándolas según criterios coherentes encontrados en el capítulo 3, titulado “Dirección de Proyectos” del PMI. Se evalúa cómo es la gestión actual, relacionada con la gestión propuesta por lo enunciado en el marco teórico. Con esto se desarrolla un diagnóstico que tiene como objetivo mostrar la forma en que se manejan los proyectos del área. Este diagnóstico se realiza mediante entrevistas a personas encargadas de la gestión y control de los proyectos. También se revisa documentación relevante genérica como los manuales de gestión y los procesos vigentes, así como la documentación particular de un proyecto, como los informes de avance y las notas de cambio de contrato. El diagnóstico sigue un orden lógico que es utilizado más adelante en el trabajo, en la sección de la creación del sistema de control.

Luego, se realiza un Benchmarking asociado a la manera que tienen otras empresas u organizaciones para medir información relevante para el análisis y tratarla para obtener un mayor provecho de ellas. El objetivo de esta sección es conocer la manera en que otras empresas controlan sus proyectos y desarrollan sus procesos, con el fin de obtener *insights* válidos para integrar a la propuesta. La empresa seleccionada para el

estudio fue René Lagos Engineering (RLE), una empresa de desarrollo estructural con proyectos en diferentes países del mundo. Se contactó a la empresa y se fijaron reuniones con el Gerente de Innovación y Desarrollo, y con el Subgerente de Control de Gestión y Sistema de Control de Calidad. Los detalles de la información obtenida en estas reuniones se detallan más adelante, pero guardan relación con el proceso de recolección y tratamiento de la información del desarrollo de proyectos.

Con la información obtenida, se propone un sistema de control de proyectos que consiste en el seguimiento de variables y análisis de indicadores, en momentos determinantes de un proyecto. Estas son variables clave, y se especifica la información necesaria para construirlas y cómo dicha información debería recolectarse. Estas variables provendrán desde la información propuesta en el marco teórico. Específicamente, para poder integrar el método de EVM al caso de estudio, se utiliza el libro llamado "Practice Standard for Earned Value Management", del PMI, en su cuarto capítulo titulado "Guidance for the Use of Key EVM Practices" [15]. Este apartado declara cómo se debe implementar el EVM de una forma correcta.

El primer paso necesario para el correcto uso del método es el establecer y definir líneas básicas de desempeño. Estas líneas básicas, indicarán que deben tener los proyectos de ingeniería estudiados para poder implementar los modelos propuestos. Se tiene lo siguiente:

- Descomponer el alcance del proyecto a un nivel manejable.
- Asignar responsabilidades claras para la gestión de los proyectos.
- Desarrollar presupuestos y tiempos a cada fase/etapa del proyecto.
- Definir y unificar la manera de medir el avance de cada etapa.
- Mantener la integridad de la medición hasta el final del proyecto.

Por otro lado, se debe también medir y analizar el desempeño en relación a las líneas básicas propuestas al inicio:

- Almacenar todos los datos medidos en el desarrollo del proyecto.
- Medir el avance de cada etapa de una manera objetiva.
- El valor ganado debe ser medido de manera coherente con lo planificado al inicio del proyecto, para su comparación.
- Implementar proyecciones de costos y avances con relación a la planificación.
- Reportar problemas y tomar la acción o recomendación correspondiente.

Así utilizando esta guía, se llegará a diseñar de manera correcta el sistema de control para una evaluación por parte de los interesados.

Finalmente, se valida el sistema propuesto con Jefes de Proyectos, Directores de Proyectos y el Gerente del área. Luego de los comentarios recibidos, se definirán completamente.

CAPÍTULO 6: RESULTADOS ESPERADOS Y ALCANCES

6.1 Resultados Esperados

Los resultados esperados de este trabajo contemplan una serie de procesos relevantes para el control de los proyectos, acompañados de variables e indicadores que medirán el desempeño del proyecto. Se espera que estas variables sean consistentes con el contexto de la gerencia y que se hagan cargo de las particularidades del rubro y del tipo de proyecto tratado. Se espera entregar una metodología clara de cómo generar estos indicadores y determinar los rangos aceptables de los valores a tomar.

6.2 Alcances

En términos de alcance, se analizará el trabajo desde dos puntos de vista. En primer lugar, el alcance dentro del proceso de desarrollo de los proyectos de ingeniería; y, en segundo lugar, el alcance del trabajo realizado por el autor.

Los proyectos de ingeniería comienzan a desarrollarse con una serie de documentos desarrollados por el área de Estudio de Licitaciones, por lo tanto, no se ahondará en decisiones que esa área toma de forma individual. Así, no se ahondará en la selección de proyectos, ni en la tarificación de profesionales, ni en la determinación de plazos y entregas. Solo se asumirán como dados todos esos datos.

El alcance que tiene el trabajo a desarrollar, no contempla la implementación de este sistema de gestión de proyectos. Sin embargo, se pretende generar recomendaciones para la implementación de la herramienta que sean aterrizadas y útiles para los interesados.

CAPÍTULO 7: DESARROLLO

7.1 Análisis e Investigación Preliminar

Antes de realizar un diagnóstico de la situación actual del control de los proyectos de ingeniería, se plasmarán en este documento dos análisis que aportan directamente a la comprensión del caso estudiado. En primer lugar, se hará un análisis de la base de datos de los costos de la gerencia, donde se establecerá qué aspectos generan los mayores costos en los proyectos de ingeniería. Por otro lado, se hará un análisis de un proyecto en particular y se mostrará la distribución de horas estimadas, por especialista, que presenta el desarrollo de un proyecto. Esto último con el objetivo de mostrar una característica crucial en la gestión y control de los proyectos de ingeniería.

7.1.1 Análisis Base de Datos de Costos

Se tomó la base de datos proveniente desde el software de contabilidad de la empresa, correspondiente al período 2017-2018, para la gerencia estudiada. De esta, se filtraron los tipos de proyectos que no corresponden al desarrollo de ingeniería y se dejaron fuera los gastos de administración. Así, se obtuvo una base que poseía todos los costos registrados en sus filas, separados por diferentes características en sus columnas.

La primera gran separación es la correspondiente al tipo de costo: costos directos y mano de obra. Los costos directos, en el ámbito contable, corresponden a artículos de oficina, combustibles, seguros de salud/vida, contrato de asesorías externas, entre otros. Los costos de mano de obra corresponden a el pago de remuneraciones, viáticos, honorarios, entre otros. Así, como se observa en la tabla N°5, se tiene que la distribución de los costos, según esta clasificación, es de un 71,8% para los costos de mano de obra y un 28,2% para los costos directos. Esto tiene mucho sentido con lo expresado a lo largo del estudio sobre la importancia del trabajo de las personas en estos tipos de proyectos.

Tabla N° 5: Proporción de costos de proyectos

Ítem	Valor	Porcentajes
Costos Directos	\$ 601,043,836	28.20%
Mano de Obra	\$1,530,353,523	71.80%

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de costos de la empresa.

Por otra parte, al momento de desglosar los costos mencionados anteriormente, se pueden analizar uno a uno los ítems que generan costos, separando según su porcentaje de influencia, como se muestra en la tabla N°6. Así, se puede ver que los mayores ítems de costos corresponden a remuneraciones de la mano de obra y el pago a asesorías externas, que, al calcular su porcentaje de influencia con respecto al total, presentan un 59.91% y 21.31%. Estas asesorías consisten en la externalización de

algunos entregables de parte de la empresa analizada para poder cumplir con el servicio ofrecido. No se entrará en detalle sobre la razón de estos subcontratos, pero se puede comentar que se realizan cuando la gerencia no cuenta con especialistas capaces de realizar alguna especialidad en particular, como especialidades sanitarias o eléctricas, por ejemplo. No obstante, es atinente comentar que dichos servicios son similares a los que presta la empresa a sus clientes: tienen listados de entregables, planificación y horas de trabajo definidas. Es un proyecto de ingeniería, pero en menor escala ya que son de una especialidad en particular.

Así, al sumar todos los costos que sean directamente asociados a la mano de obra y a las asesorías de terceros, se concluye que estos representan un 93,11% del total. Así, se confirma la importancia de enfocar el control de los costos directamente al control del personal tanto interno como externo.

Tabla N° 6: Información desagregada de costos de proyectos

Etiquetas de fila	Valor	Proporción
Costos Directos Varios	\$ 601,043,836	28.20%
102 - Combustibles	\$ 6,427,309	1.07%
103 - Reparación y Mantenión de Flota	\$ 1,676,638	0.28%
105 - Arriendo Vehículos s/chofer	\$ 10,000,407	1.66%
108 - Seguro Salud	\$ 382,380	0.06%
109 - Seguro Vida	\$ 10,704,624	1.78%
110 - Teléfono, Celulares y BAM	\$ 1,109,201	0.18%
111 - Imprenta y Escritorio	\$ 107,179	0.02%
112 - Insumos de Computación	\$ 89,618	0.01%
113 - Fotocopiadoras y Planos	\$ 42,157	0.01%
115 - Legales y Notariales	\$ 131,678	0.02%
116 - Arriendos de Propiedades y Estacionamientos	\$ 630,000	0.10%
117 - Luz ,Agua ,Gas	\$ 110,900	0.02%
118 - Pasajes y Viajes (Aéreos y Buses)	\$ 48,912,560	8.14%
121 - Cargo Boleta Garantía	\$ 1,946,001	0.32%
123 - Gastos Generales varios	\$ 900,696	0.15%
125 - Gastos Financieros	\$ 7,320	0.00%
126 - Colaciones	\$ 3,180,971	0.53%
127 - Reparación y Mantenión Eq. Topográficos y Eq. Laboratorio	\$ 226,000	0.04%
128 - Peajes y Tag	\$ 299,329	0.05%
131 - Seminario y Capacitación	\$ 280,000	0.05%
134 - Licencias	\$ 1,493,319	0.25%
136 - Tintas impresión	\$ 372,443	0.06%
138 - Estacionamientos	\$ 257,109	0.04%
140 - Artículos de Seguridad y Alarmas	\$ -	0.00%
143 - Correos y Encomiendas	\$ 758,662	0.13%

144 - Asesoría Terceros (c/factura)	\$ 454,224,887	75.57%
145 - Alojamientos	\$ 28,949,086	4.82%
146 - Taxis y Traslados	\$ 17,240,121	2.87%
150 - Instalaciones	\$ 3,854,452	0.64%
158 - Arriendos de Suministros	\$ 3,449,691	0.57%
161 - Rendición Kilometraje	\$ 221,663	0.04%
162 - Elementos Protección Personal (EPP)	\$ 2,254,935	0.38%
169 - Insumos de Cafetería	\$ 63,110	0.01%
171 - Traslados de personal	\$ 739,390	0.12%
Mano Obra	\$ 1,530,353,523	71.80%
100 - Remuneraciones	\$ 1,276,926,909	83.44%
101 - Honorarios	\$ 1,204,893	0.08%
104 - Pago por Uso y Desgaste Vehículos	\$ 14,290,000	0.93%
130 – Viáticos	\$ 70,122,334	4.58%
147 - Viatico Terreno	\$ 5,863,500	0.38%
152 - I.A.S.	\$ 117,588,095	7.68%
155 - Vacaciones finiquito	\$ 44,357,792	2.90%
Total general	\$ 2,131,397,359	100.00%

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de costos de la empresa.

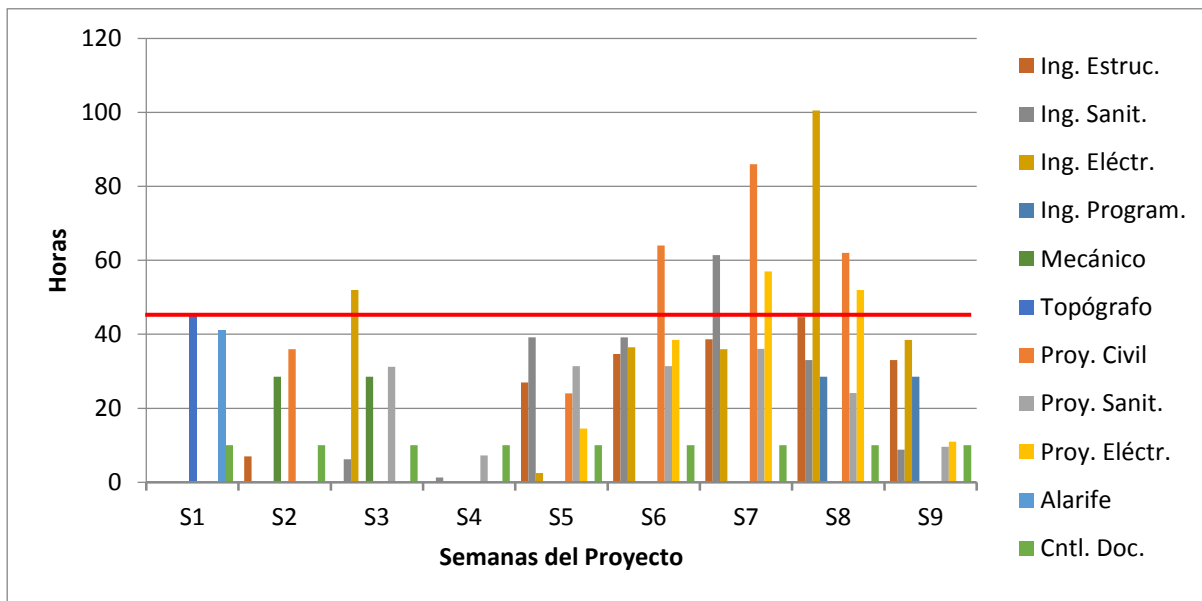
7.1.2 Análisis Horas Trabajadas

Este análisis tiene como objetivo seguir mostrando particularidades de los proyectos de ingeniería que detonan el trabajo propuesto y justifican la solución escogida para tratarlo. Este estudio tiene relación con el área, dentro de la gerencia, que se encarga del estudio de licitaciones y de generaciones de propuestas para la adjudicación de proyectos. Como se mencionó en capítulos anteriores, esta área genera documentación relevante para el desarrollo del proyecto, como lo son las planificaciones, la elección del personal, el presupuesto y el listado detallado de entregables necesarios para entregar correctamente el servicio. Así, se analizaron los documentos para el proyecto llamado “Ingeniería de Detalles Nuevo Estanque El Ancla Antofagasta”, para la empresa Aguas Antofagasta S.A. A continuación, se mostrarán los supuestos que se asumieron para el análisis, los resultados de este y el porqué de su relevancia.

De manera preliminar, se debe destacar que este proyecto tenía una duración de 70 días e incluía servicios de ingeniería de tres especialidades diferentes: civil, sanitaria y eléctrica. Se eligió este proyecto debido a que tiene una duración abordable y contiene variadas disciplinas lo que lo hace interesante. El proyecto se inició el día 10 de octubre de 2017 y su finalización estaba prevista para el día 17 de diciembre del mismo año. En el proyecto trabajaron 12 personas, cuyos cargos se mencionarán más adelante. El proyecto consistió en la entrega de 35 entregables que cubrían las 3 especialidades mencionadas.

En primer lugar, se tomó la carta Gantt del proyecto (ver anexo N°10 para visualización de carta Gantt) y se separó en nueve semanas corridas desde el inicio del proyecto hasta su pronosticado fin. Luego, se contabilizaron las horas que cada colaborador le dedica a cada entregable, separado en las nueve semanas. Al agregar dichos valores, se obtuvo el valor de la cantidad de horas que cada trabajador le dedica al proyecto, por semana. Esta distribución se puede apreciar el gráfico N°7.

Gráfico N° 7: Participación (horas) según semanas del proyecto



Fuente: Elaboración propia a partir de Planificación proyecto “Ingeniería de Detalles Nuevo Estanque El Ancla, ADASA (2017)”.

Como se puede apreciar en el gráfico, cada especialista está representado por un color diferente y los ejes de las ordenadas y las abscisas representan la cantidad de horas dedicadas al proyecto y las semanas de realización del mismo respectivamente. Aquella línea horizontal roja corresponde a la cantidad total de horas por semana que un trabajador de la empresa tiene disponible por contrato: 45 horas. Se puede ver que un especialista puede no trabajar durante una semana completa en el proyecto; por ejemplo, el ingeniero estructural (color naranja oscuro), que dedica algo menos que 10 horas de trabajo en la semana dos, luego nada en la semana tres y cuatro, para terminar con una dedicación mayor entre la semana cinco y nueve. Por otro lado, el cargo del control documental (verde claro), tiene una rutina de trabajo más estable, dedicando 10 horas de trabajo por semana, las nueve semanas. También se puede notar que hay profesionales que trabajan más de las horas por contrato definidas durante algunas semanas, eso es característico del rubro, ya que al finalizar los proyectos se deben entregar informes de finalización que ocupan el tiempo de casi todos los especialistas.

Para poder incluir números al gráfico anterior, se generó la tabla N°7 que representa la utilización semanal porcentual de cada trabajador durante este proyecto, según la

planificación y oferta inicial. Se tomó que el 100% por semana corresponde a las 45 horas semanales por contrato y la utilización fue definida como la cantidad de horas dedicadas al desarrollo de alguna actividad del proyecto. Cabe destacar que las celdas vacías indican que el profesional no dedica tiempo al proyecto en esa semana.

Tabla N° 7: Utilización porcentual según semana del proyecto

Colaborador	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
JP	11.1%	15.3%	23.1%	19.7%	24.8%	39.6%	47.4%	48.1%	31.0%
Ing. Estruct.		15.6%			60.0%	77.0%	85.9%	99.3%	73.3%
Ing. Sanit.			13.9%	2.8%	87.0%	87.0%	100.0%	73.4%	19.6%
Ing. Eléctr.			100.0%		5.6%	81.1%	80.0%	100.0%	85.6%
Ing. Program.								63.3%	63.3%
Mecánico		63.3%	63.3%						
Topógrafo	100.0%								
Proy. Civil		80.0%			53.3%	100.0%	100.0%	100.0%	
Proy. Sanit.			69.4%	16.1%	69.7%	69.7%	80.2%	53.6%	21.3%
Proy. Eléctr.					32.2%	85.6%	100.0%	100.0%	24.4%
Alarife	91.1%								
Cntl. Doc.	22.2%	22.2%	22.2%	22.2%	22.2%	22.2%	22.2%	22.2%	22.2%

Fuente: Elaboración propia a partir de Presupuesto proyecto "Ingeniería de Detalles Nuevo Estanque El Ancla, ADASA (2017)".

Con esta tabla se puede ver que los proyectos de ingeniería demandan una cantidad de tiempo poco estable y que hay un gran número de semanas donde el tiempo de ocupación de un especialista es bajo o nulo.

De la misma manera, al contabilizar cuántas horas representan estos porcentajes de tiempo utilizado, se obtiene la tabla N°8, donde se resumen las horas de dedicación al proyecto de todos los especialistas, para el desarrollo de los planos, documentos, informes y tiempos de reunión asignados.

Tabla N° 8: Resumen horas utilizadas y disponibles

Horas totales utilizadas	Horas disponibles	Porcentaje
1663	4860	34.2%

Fuente: Elaboración propia a partir de Planificación y Presupuesto proyecto "Ingeniería de Detalles Nuevo Estanque El Ancla, ADASA (2017)".

Las horas totales fueron tomadas de la oferta inicial y desglose de entregables, mientras que las horas disponibles corresponden a la cantidad de horas que poseen los 12 especialistas en las 9 semanas de desarrollo. Esto parte del supuesto de que todos los especialistas están contratados por la empresa y que la empresa solo desarrolla

este proyecto. Se consideran atingentes estos supuestos ya que apuntan a validar con el extremo la implementación de la solución escogida.

Luego, bajo el mismo supuesto, se transformó en dinero esta gran diferencia entre las horas disponibles y las horas utilizadas. Para la generación de la tabla N°9 se utilizaron los sueldos (brutos) reales de los profesionales, asumiendo que ese es el costo de la mano de obra para la empresa. Existen otros costos asociados al personal, pero como vimos anteriormente, las remuneraciones son el ítem contundente. Este costo se dividió por 184,25 (equivalente a las 43 horas de trabajo semanal, multiplicado por 4,385 que es la cantidad de semanas promedio en un mes) que es el promedio de horas que tiene una semana laboral en Chile, para obtener el costo de una hora por cada especialista. Y, por último, se utilizó la oferta económica del proyecto para obtener el valor que sería pagado por el cliente, dadas las horas de trabajo de cada profesional a lo largo del proyecto. Así, esa información se resume en dicha tabla.

Tabla N° 9: Contabilización de horas utilizadas y disponibles

Cargo	Costo por horas utilizadas	Costo real total (9 semanas)	Precio por horas ofertadas
Jefe de Proyecto	\$ 1,850,715	\$ 6,557,760	\$ 3,581,019
Ingeniero Estructural/ Civil	\$ 3,103,051	\$ 6,953,749	\$ 6,400,815
Ingeniero Sanitario - Pipping	\$ 1,992,032	\$ 4,369,545	\$ 3,521,070
Ingeniero Eléctrico - Instrumentación	\$ 5,370,990	\$ 8,370,945	\$ 6,017,452
Ingeniero Programación-Costos	\$ 813,182	\$ 5,914,451	\$ 910,233
Mecánico de Suelos	\$ 822,707	\$ 5,983,733	\$ 1,972,143
Topógrafo	\$ 514,274	\$ 4,737,881	\$ 538,920
Proyectista Civil	\$ 2,357,728	\$ 3,593,574	\$ 2,895,712
Proyectista Sanitario	\$ 1,482,248	\$ 3,593,574	\$ 1,820,466
Proyectista Eléctrico/ Instrumentación	\$ 1,499,584	\$ 3,593,574	\$ 1,841,758
Alarife	\$ 104,419	\$ 1,055,835	\$ 218,243
Control de Documentos	\$ 800,278	\$ 3,686,382	\$ 838,350
Total	\$ 20,711,208	\$ 58,411,003	\$ 30,556,181

Fuente: Elaboración propia a partir de Planificación y Presupuesto proyecto “Ingeniería de Detalles Nuevo Estanque El Ancla, ADASA (2017)”.

En la tabla N°9 se aprecia la gran diferencia que existe entre los conceptos de “horas vendidas (al cliente)” y “horas pagadas (al empleado)” que deben afrontar los gestores de proyectos de ingeniería. Si solo se pagaran las horas trabajadas por el profesional, el costo de la mano de obra en este proyecto sería de \$20,7 millones de pesos; sin embargo, al tener que pagar al profesional durante el tiempo completo de contrato, dicho costo alcanza los \$58,4 millones de pesos (más del doble). Es imposible solo

pagar las horas trabajadas, pero estos valores evidencian la existencia de una brecha, que debe ser tomada en cuenta con acciones concretas. Esta diferencia motiva de manera instantánea a realizar la comparación con los ingresos que se recibirán por el proyecto (en términos de la mano de obra), que se miden en horas trabajadas. Dados los valores presentados, en el primer caso la diferencia de los ingresos y los costos da un valor positivo, mientras en el segundo, da un valor negativo.

Esta tabla y el análisis completo son sumamente relevantes debido a que evidencian la gran brecha entre la unidad de medida de una oferta económica (horas) y la de un contrato de trabajo (meses). Es imperante controlar estos proyectos desde el punto de vista de las horas trabajadas por cada profesional, ya que se ve que son influyentes en el resultado final del proyecto. Esto permite aventurarse a la conclusión de que la falta de control sobre esta diferencia es la que está generando las pérdidas de los proyectos de ingeniería y lo importante que es el análisis inicial de este factor, previo a la adjudicación de un proyecto.

7.2 Diagnóstico de Situación Actual

Los proyectos de Desarrollo de Ingeniería se desarrollan y controlan a través de una guía que declara cómo esto se debe hacer. Esta guía se llama “Manual de Procedimientos de Ingeniería”, Gerencia de Ingeniería. El encargado de hacer cumplir estos procedimientos es el Jefe de Proyecto, ante el Gerente del área. A continuación, se mostrarán aspectos relevantes de dicho manual que serán importantes para establecer el diagnóstico de las actividades realizadas por la gerencia. Así, se mostrará que declara la gerencia como necesario para controlar proyectos, seguido de un análisis de qué es lo que realmente ocurre en la gerencia, para establecer los puntos de control que son necesarios de mantener y determinar cuáles deberían cambiarse o implementarse.

La estructura de este diagnóstico es obtenida directamente del marco conceptual declarado en el cuarto capítulo y su organización se utilizará tanto para esto como para la generación del sistema de control. Se detallarán los procesos de control existentes en la gerencia para las diferentes áreas de control de los proyectos.

7.2.1 Organización en el Desarrollo de Proyectos

Antes de mencionar el control del proyecto, es necesario indicar los principales actores que participan en el Desarrollo de Ingeniería. Estos se organizan en una escala jerárquica, la cual inicia desde un punto de vista estratégico, hasta la realización de trabajos operativos. Al inicio del trabajo, ya se mencionaron estos cargos, sin embargo, se enumeran nuevamente para un uso diferente.

1. Director del Proyecto
2. Jefe de Ingeniería o Jefe de Proyecto
- 3. Jefe de Especialidad**
4. Ingeniero Especialista
5. Proyectistas

6. Control de Documentos
7. Subcontratistas

El punto número tres se remarcó debido a que esa persona cumple una función importante en el desarrollo del proyecto. Esta función guarda relación con el control de los proyectos. Dentro de las funciones a realizar por la persona que ocupa el cargo de Jefe de Proyecto, está lo siguiente:

- Velar por la calidad de los documentos emitidos.
- Velar por el cumplimiento de plazos y presupuesto de ingeniería y del proyecto.
- Dirigir, controlar, coordinar y administrar la ingeniería del proyecto.
- Iniciar y dirigir la preparación del programa de desarrollo de ingeniería.
- Solicitar, aprobar y administrar el personal asignado al proyecto.
- Mantener relaciones con el cliente.
- Reportar a la dirección del proyecto las variaciones y cambios del proyecto.
- Mostrar avances periódicos al cliente.

Es por esto que, esta persona es el principal actor en la investigación realizada debido a que es quién se encarga de que el proyecto logre sus objetivos dentro de los rangos temporales y de costos.

7.2.2 Recursos Temporales

Los Recursos Temporales son una variable clave en la gestión de proyectos, ya que está presente en la definición de estos. Un proyecto está correctamente definido si contiene plazos (entre otras cosas) que se deben cumplir. Así, lo que se debe controlar de un proyecto, en términos de tiempo, es la relación del avance con la planificación.

En la gerencia analizada se realizan informes de avance relacionados con la planificación solo cuando son requeridos por el cliente, es decir, si en las bases de licitación así se indica. Este informe de avance abarca diferentes ítems de control, sin embargo, en términos temporales, solo relaciona el avance porcentual real con el avance porcentual planificado, según el tiempo. Es importante notar que estos informes buscan dejar constancia de la situación actual del proyecto y detallan cómo ha sido el avance físico en el paso del tiempo. Esta información es solamente referencial y no detona ninguna acción por parte del jefe de proyecto ni de los responsables.

Las causas de un retraso en el proyecto son variadas y no se lleva registro de ellas. Sin embargo, producto de la investigación se pudo establecer que las principales causas de retraso de un proyecto son cantidades no contabilizadas de reprocesos, retraso en entrega de revisiones por parte del cliente, bajo desempeño de colaboradores y cambios no registrados en el alcance del proyecto.

Al momento de generarse un retraso que requiera un mayor nivel de trabajo por parte de los colaboradores de la empresa, se realizan horas extras de trabajo para solventar la falta. Si eso no es suficiente, se procede a buscar dentro de la gerencia a especialistas de otros proyectos, que puedan aportar de su tiempo en el desarrollo del

entregable atrasado. Esta aceptación del trabajo a realizar se realiza luego de una estimación limitada del tiempo disponible.

Otro ítem relacionado a la gestión del tiempo de los proyectos son los pronósticos de finalización. Esta gerencia no desarrolla pronósticos de ningún tipo.

7.2.3 Control de los Costos

Los costos son otro ítem sumamente importante a controlar en un proyecto, ya que influye directamente con la rentabilidad del mismo. Un incorrecto control de costos puede hacer que un proyecto rentable inicialmente genere pérdidas. A continuación, se detallará cómo esta gerencia realiza la gestión de los costos del proyecto.

Anteriormente se enunció el problema asociado a la asignación de profesionales a los proyectos a nivel de la contabilidad de la empresa. Y dado que los costos de mano de obra representan aproximadamente el 80% de los costos totales, este problema genera consecuencias importantes. No se realiza un control de costos de los proyectos. Y aun así, si se quisiera realizar uno, sería sumamente complicado obtener el dato real, dado que proviene erróneo desde el sistema de contabilidad de la empresa.

Así se concluye que no se realizan gestiones con respecto a los egresos del proyecto ni con la relación de estos con el presupuesto inicial. Dado esto, no se realizan pronósticos de gastos asociado al avance del proyecto.

7.2.4 Recursos Humanos

Los recursos humanos son un ítem importante en los proyectos, ya que no existe un proyecto que no tenga asociado el factor humano. Más aun, en los proyectos de ingeniería donde el factor humano representa la totalidad de la producción de entregables. Como se mencionó en el marco conceptual, es importante conocer en qué actividad/proyecto se utilizan los recursos disponibles (horas de trabajo). En esta sección se detallará qué hace esta gerencia para controlar el desarrollo de sus colaboradores.

El problema de la asignación mencionado anteriormente hace que la gestión de los recursos humanos sea sumamente compleja de realizar, ya que no se registra fehacientemente en qué proyecto trabaja cada profesional. Por otra parte, esta gerencia sí se ha hecho la pregunta de dónde se imputan las horas trabajadas. Para eso, programadores internos desarrollaron un software llamado "Gestor Documental" que tiene como objetivo registrar las horas trabajadas por profesional, por proyecto y por entregable.

Como ya se mencionó el Gestor Documental es un software desarrollado por programadores internos de la empresa que sirve para agilizar la entrega y revisión de documentos en un proyecto en específico. Este software entrega HH trabajada por

sesión, documentos desarrollados y avances físicos. Sin embargo, este software no es utilizado en los proyectos debido a que presenta dificultades en su uso, sumado a que no existe un interés por conocer las horas gastadas por los trabajadores. Lo que sí se contabiliza son las horas ganadas de cada entregable, es decir, el reflejo del avance porcentual del entregable, tomando como base las horas planificadas. Estas horas ganadas se utilizan para contabilizar el avance medido en horas trabajadas de los documentos y planos. Por ejemplo, el entregable llamado “Especificaciones Técnicas de Instrumento” (ver tabla N°10) considera un total de 16 horas hombre estimadas de trabajo.

Tabla N° 10: Informe de avance proyecto de ingeniería

Nombre Oferta	Especialidad	560	Avance Real			
			60%	10%	30%	0%
		HH	Rev. A	Rev. B	Rev. 0	Rev. Final
Visita a terreno		40	24	4	12	
Criterio de diseño de Instrumentación y Control	IN	15	9	1,5	4,5	
Especificación Técnicas de Instrumento	IN	16	9,6	1,6	4,8	
Especificación Técnicas Gateways	IN	16	9,6	1,6	4,8	
Especificación Técnica Sistema de Control	IN	16	9,6	1,6	4,8	
Filosofía de control y enclavamiento	IN	16	9,6	1,6	4,8	

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de Avance desarrollado por la empresa, para proyecto “Ingeniería de Detalle Solución Instrumentación de Campo Nueva Línea de Refino, División Gabriela Mistral, CODELCO (2019)”.

Tomando en cuenta la información de la tabla N°10, la revisión A corresponde al 60% del avance del trabajo, por lo tanto, para ese avance, se ganaron un total de 9,6 horas. Luego, para la revisión B (10%) se ganó un total de 1,6 horas de trabajo. Por último, para el 30% restante, se ganó un total de 4,8 horas de trabajo, lo que suma el total estimado del entregable. Al consistir en relaciones estimadas, se considera que no entregan información confiable para ejercer una correcta gestión de los recursos humanos. Las horas realmente trabajadas no toman ningún protagonismo en el control de los recursos.

Luego, al no conocer exactamente la dedicación de los colaboradores, ni cuánto tiempo trabajan por actividad, no se pueden controlar aspectos como su desempeño, su distribución horaria ni sus horas trabajadas. Para el correcto diagnóstico de la gerencia, es necesario recordar que las planificaciones tienen como variable base las horas trabajadas y el presupuesto considera un precio a cobrar y pagar por ellas.

7.2.5 Control de la Calidad

Como se mencionó al inicio del trabajo, la Gerencia de Ingeniería ofrece servicios de ingeniería conceptual, básica y de detalle. Estos tipos de servicios consisten la emisión de un número determinado de entregables por proyecto, que son desarrollados por profesionales de la empresa o bien, subcontratados. Estos entregables tendrán una serie de revisiones que tienen por objetivo aumentar la calidad de los documentos haciendo que sean aprobados por distintas personas dentro del equipo. Estas revisiones se describen en las tablas N°11 y N°12 (la primera corresponde a la ingeniería básica y conceptual; la segunda corresponde a la ingeniería de detalle).

Tabla N° 11: Descripción revisiones para ingeniería básica

Revisión	Motivo Emisión	Notas
A	Para coordinación interna	
B	Para revisión y comentarios del cliente	
C [...]	Para revisión y comentarios del cliente (Incluye comentarios Rev. B)	Cuando lo solicite el cliente
C [...]	Para Ingeniería Básica y para Ingeniería de Detalle	Emisión final
C [...]	Solo para Información	Emisión final para Sketches
N	Anulado	Emisión Final

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual de Procedimientos de Ingeniería, desarrollado por la gerencia.

Tabla N° 12: Descripción revisiones para ingeniería de detalle

Revisión	Motivo Emisión	Notas
A	Para coordinación interna	
B	Para revisión y comentarios del cliente	
C [...]	Para revisión y comentarios del cliente (Incluye comentarios Rev. B)	Cuando lo solicite el cliente
C [...]	Solo para Información	Emisión final para Sketches
0	Para construcción	Emisión final
1 [...]	Para construcción (Incluye comentarios Rev. 0)	Emisión Final
N	Anulado	Emisión Final

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual de Procedimientos de Ingeniería, desarrollado por la gerencia.

El cargo “Control de Documentos” se encarga de que estas revisiones sean hechas de manera correcta. Cada revisión queda registrada en el documento en cuestión,

indicando quién la realizó, cuándo la realizó y cuáles fueron los comentarios hechos; todo esto seguido de una firma. Es por esto que, en términos de calidad, los documentos son sumamente potentes.

7.2.6 Control del Alcance

El alcance es un aspecto también definido al inicio de cualquier proyecto y establece claramente el marco en el cual se desarrollará este. Los entregables de los proyectos de ingeniería son heterogéneos y no es complicado conocer el alcance de los mismos, ya que son finitos y definidos. Sin embargo, a lo largo del desarrollo de los proyectos, existen modificaciones, cosa muy común en los desarrollos en general. Estas modificaciones son llamadas aumentos o disminuciones de contrato.

Se define aumento o disminución del contrato toda variación dentro del desarrollo del servicio que implique una alteración de los trabajos detallados en la planificación inicial. Los aumentos o disminuciones pueden originarse según condiciones que se mostrarán a continuación. En primer lugar, pueden ocurrir cambios en los alcances del proyecto, el cual debe ser acordado entre la empresa y el cliente. Luego, de parte del cliente, pueden existir cambios en los criterios de diseño previamente aceptados o especificados por este. Existen solicitudes de actividades, planos o documentos adicionales a los ofertados. El cliente puede presentar atrasos en entrega de antecedentes hacia la empresa o bien, atrasarse en las decisiones, observaciones y aprobaciones de documentos. Las condiciones que no se enumeran en este párrafo entran en la categoría de modificaciones mayores al proyecto informadas por el cliente. Así, todas estas condiciones pueden generar cambios en el programa o plan de trabajo.

Es por esto que la empresa define tres opciones formales para realizar aumentos o disminuciones de contrato:

- a. Órdenes de trabajo adicionales: Es emitida por el cliente y cotizada por el jefe de ingeniería. La respuesta de parte de este último incluye detalles, plazos y cobros relacionados a este cambio.
- b. Notas de cambio: Son documentos emitidos por la empresa para dejar constancia de situaciones que afectaron la planificación del contrato. Estas pueden ser causadas por el cliente, por la empresa o bien, ajenas a estos.
- c. Órdenes de disminución de trabajos: Es emitida por el cliente detallando qué es lo que disminuirá, para luego, en caso de ser aprobada, sea removido tanto del presupuesto como de la planificación.

Dentro del análisis realizado durante la investigación de campo, se determina que el ítem "Control de Cambios", si bien está especificado, no se cumple en su totalidad. El director de proyectos del área analizada indica que actualmente no se contabilizan todos los cambios hechos al alcance del proyecto, teniendo que realizar labores que no forman parte de los entregables ofrecidos. En este tipo de proyectos, debe existir una relación cercana entre el jefe de proyecto y el mandante (cliente), por lo tanto, existe una cierta flexibilidad en las planificaciones y presupuestos iniciales. No obstante, los

cambios en el proyecto no son registrados, por lo que no se conoce qué proporción del trabajo hecho corresponde a modificaciones o bien a trabajo planificado.

7.2.7 Gestión de la Integración del Trabajo

La integración del trabajo consiste, como lo dice su nombre, en integrar las diferentes áreas del proyecto, en un análisis. Esta integración se encarga de juntar aspectos como el desempeño de las mediciones hechas en el proyecto, como métricas e indicadores definidos, para que sea posible implementar mejoras continuas. En esta misma línea, la integración del trabajo se encarga de recabar las lecciones aprendidas, que consisten en generar información valiosa para futuras realizaciones. Por último, esta integración contiene la gestión de los riesgos asociados al desarrollo de los proyectos. Los riesgos están presentes en todas las dimensiones de un proyecto,

La gerencia no realiza gestión de los riesgos asociados al desarrollo de los proyectos. Si bien los declara en su Manual de Gestión, la acción ocurre principalmente cuando los riesgos se transforman en problemas. Existe una cultura de “reacción” ante problemas.

7.2.8 Gestión de los Interesados

La gestión de interesados en un pilar fundamental en el desarrollo de proyectos, ya que de ellos depende obtener un correcto resultado. Una vez generados la planificación y el presupuesto, están determinados los plazos necesarios para que se pueda realizar un control del proyecto. Este control se realiza en base a porcentajes de avance de cada entregable, los cuales están definidos respecto al avance en sus revisiones. Este sistema de validación de avances está determinado por la gerencia y se califica como correcto, ya que es transversal a la empresa. Así, como se definió anteriormente, esta gerencia genera planos y documentos, cuyos avances se plasman de la siguiente manera.

Para el caso en que el entregable sea un documento:

- Recopilación de antecedentes y desarrollo: **0% - 45%**
- Emisión para coordinación interna en Rev. A: **50% - 65%**
- Emisión para revisión y comentarios del cliente en Rev. B: **70% - 95%**
- Emisión final (según fase de ingeniería): **100%**

Para el caso en que el entregable sea un plano:

- Recopilación de antecedentes y pre diseño: **10% - 20%**
- Desarrollo y Diseño: **25% - 45%**
- Emisión para coordinación interna en Rev. A: **50% - 70%**
- Chequeo, corrección y dibujo: **75% - 85%**
- Emisión para revisión y comentarios cliente en Rev. B: **90%**
- Emisión final (según fase de ingeniería): **100%**

Así se contabiliza el avance para generar los informes de avance al cliente, según períodos estimados en el inicio del proyecto. Estos informes de avance consisten en la generación de un reporte que indica qué tan avanzado va el proyecto y contiene un análisis del desarrollo de la asesoría, las tareas que se encuentran pendientes y los trabajos programados para el próximo período; todo esto junto a una serie de antecedentes críticos.

Las partes del informe de avance son las siguientes:

a. Introducción:

Es una breve descripción del contenido del informe, destacando los avances generales, modificaciones, decisiones tomadas y eventos relevantes ocurridos en los períodos.

b. Análisis del desarrollo de la asesoría en el período:

Este análisis contiene una síntesis de las actividades desarrolladas en el mes, seguido de decisiones que se tomaron en el período y definiciones tomadas concernientes al proyecto. Junto a esto, contiene un resumen del avance de las tareas establecidas al inicio en el contrato, mostrando una comparación entre el avance físico (real) versus el avance del programa. El principal problema de este punto es que solo se toman en cuenta las horas ganadas del proyecto, es decir, el avance como proporción del total de horas estimadas. No se toma en cuenta las horas gastadas, que son el tiempo real que se utilizó para obtener un avance en particular.

Por otro lado, relata eventuales atrasos de las actividades críticas, recomendaciones y acciones correctivas.

c. Tareas pendientes:

En este punto se anexa un listado con las tareas pendientes no resueltas en el período, las que serán generadas desde la programación general del contrato.

d. Trabajos programados para el próximo período:

Es una descripción de los trabajos que se desarrollarán en el próximo período.

Adicionalmente y en conjunto con las comunicaciones emitidas por el jefe de proyecto, se indicará en este informe los antecedentes críticos necesarios para el desarrollo del proyecto y que se encuentran en gestión del cliente. Como conclusión, el informe de avance solo tiene como objetivo presentar un estado de pagos. Así, generalmente cada mes, se genera este informe de avance con el objetivo de que el cliente apruebe el pago por los servicios prestados.

7.2.9 Resumen

A modo de resumen, se muestra la tabla N°13, la cual es un diagnóstico resumido respecto al control de proyectos que lleva la Gerencia de Ingeniería, considerando lo que se declara y lo que realmente se hace.

Tabla N° 13: Resumen diagnóstico

Área de Control	Detalles a Controlar	Diagnóstico
Tiempo	Cumplimiento de Planificación	Se detallan variaciones en el informe de avance, solo como declaración
	Pronósticos	No hay pronósticos de finalización del proyecto
	Reprocesos	No se controla la cantidad de reprocesos
Costos	Presupuesto	No hay control presupuestario ni durante ni al final del proyecto
	Pronósticos	No se realizan dicho análisis
	Costo Planeado vs. Real	No se realiza dicho análisis
Recursos Humanos	Desempeño	No hay indicadores de desempeño
	Distribución Horaria	No se conoce la distribución horaria de los trabajadores. Existe una asignación porcentual posterior
	Horas trabajadas	En algunos contratos se miden mediante declaración del trabajador
Calidad	Nivel de calidad	Correcto, se hacen los reprocesos necesarios para asegurar calidad
Alcance	Avance del proyecto	Se detalla en el informe de avance mensualmente

	Cambios a Contrato	No todos los cambios se contabilizan
Integración del Trabajo	Lecciones aprendidas	No hay un sistema de almacenamiento ni análisis de lecciones aprendidas
	Riesgo	No se contabiliza
	Desempeño de Mediciones	Al no haber mediciones, no existe un nivel de desempeño de estas
	Tendencias	No se contabiliza
Interesados	Satisfacción de Clientes	No hay sistema de análisis de satisfacción de clientes
	Reuniones Internas	Programadas desde el inicio
	Informes de reporte de Avance	Se realiza mensualmente, su objetivo es aprobar los pagos pendientes

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas y análisis realizados en la gerencia.

Las áreas de control se definirán en el capítulo siguiente, pero se adelanta que son ítems declarados desde el PMI como importantes para el control de los proyectos.

7.3 Benchmarking

En esta sección se mostrará cómo otra organización realiza el control de sus proyectos con el objetivo de entender la manera en que otras empresas lidian con el problema presentado, junto con la validación del mismo en ella. Se considera que esta práctica es sumamente positiva debido a que enseña otra mirada a una situación y aporta ideas y metodologías que son utilizadas en la práctica.

En primer lugar, se debió definir la empresa la cual se iba a estudiar. Para ello, se buscaron empresas que pertenecieran al rubro de la construcción y, más aun, que ofrecieran servicios similares a los que ofrece la empresa estudiada. Como último requisito, aportaría mayor interés si la empresa analizada fuera igual o más grande que la gerencia donde se realiza el proyecto, para que la observación fuera lo más aterrizada posible. Así, la empresa seleccionada para este estudio fue René Lagos Engineers (RLE), una empresa chilena, especializada en la ingeniería estructural.

Esta organización es fundada el año 1977 y hoy en día posee presencia en Estados Unidos, en Perú y en China. Ha realizado proyectos en muchos países del mundo y sus principales tipos de obras incluyen hoteles, edificios residenciales, edificios de gran altura, centros comerciales, edificios de uso mixto, centro de convenciones, instalaciones deportivas, estructuras especiales, centros educacionales y de salud [16]. La manera en que se realizó la investigación fue mediante reuniones con personas clave de RLE. Estas personas fueron el Director de Innovación y Desarrollo; y, el Subgerente de Control de Gestión y Sistema de Gestión de Calidad. Con ellos se discutieron los procesos de control que utilizan y las prácticas e indicadores que miden. También se habló sobre las dificultades que presentan los proyectos y cómo se encargan de sobrellevarlas.

Como ya se han descrito en múltiples ocasiones los proyectos estudiados, se procederá de manera inmediata a mostrar lo recopilado en las reuniones con los trabajadores de RLE. Esta empresa implementó un sistema de control de calidad para poder certificarse bajo la norma ISO-9001. Para ello, diseñó un Balance Score Card, basado en objetivos generales de la empresa y específicos para cada área. Lo que se mostrará a continuación son los relacionados al área de operaciones, que consiste en el desarrollo de los entregables. Así, RLE definió métricas, indicadores y métodos de control, que apuntan a alcanzar ciertos objetivos definidos por altos mandos. Este análisis se limitó a investigar qué miden, cómo lo miden y cómo controlan.

7.3.1 Desempeño de Colaboradores

Cada día, los colaboradores de RLE deben declarar sus horas de trabajo en una plataforma desarrollada por programadores internos. Este software se aloja en la intranet de la empresa y cada trabajador posee una sesión la cual lo identifica. Para asignar un horario, el usuario debe seleccionar un proyecto vigente, seleccionar uno de los documentos o planos que ese proyecto demanda, indicar si el trabajo se trata de una modificación requerida por el cliente o bien, si es un trabajo primerizo. Por último, debe indicar el rango horario que utilizó para la tarea indicada. Luego, para ejercer el control de esta asignación personal, el día viernes se emite un documento al jefe del proyecto que resume las horas declaradas por sus subordinados y los proyectos trabajados. Esta hoja es firmada y almacenada.

Con esta información se generan una serie de métricas relacionadas al desempeño, algunas se muestran a continuación:

- Horas promedio trabajadas por cada plano.
- Diferencia entre horas de trabajo pronosticadas y reales.
- Cantidad de dinero promedio utilizado por documento.
- Cantidad de dinero utilizado por hora de especialista.
- Promedio de utilización de trabajadores.
- Porcentaje del tiempo dedicado a modificaciones requeridas por el cliente.

Todos los indicadores son gestionados el área de control de gestión y son revisados cada vez que se finaliza un proyecto, como parte del proceso de cierre; y, por gerencia general una vez cada tres meses.

La información recabada sobre la utilización de los profesionales, entrega un dato importante sobre la disposición que tienen para trabajar en otros proyectos. Existen dos situaciones donde este dato es sumamente relevante. La primera ocurre cuando se percibe que no se cumplirá el plazo de una parte de un proyecto, por lo tanto, se necesitan más especialistas trabajando en dicho proyecto. Si hay disponibilidad, se utilizan especialistas internos que apoyen al proyecto; Si no, se buscan especialistas en el mercado. Para esto último, se maneja una base de datos con personas que hayan trabajado anteriormente en RLE, ya que conocen su sistema de trabajo y de gestión. Esta labor extra también queda registrada en el software de control de horas.

La siguiente situación se presenta cuando se planea participar en un proyecto. Dada la disponibilidad de los colaboradores, se analiza preliminarmente si es conveniente o no tomar dicho proyecto.

En ambas situaciones, la diferencia entre las horas pagadas y cobradas toma relevancia, ya que puede afectar directamente la rentabilidad futura de un proyecto.

7.3.2 Percepción de la Calidad

Cada vez que finaliza un servicio, se le pide al cliente que rellene una encuesta de satisfacción. En esta encuesta se preguntan aspectos relacionados a la percepción que tuvo el cliente de la calidad general del servicio, al tiempo de desarrollo, del profesionalismo mostrado por la empresa y los trabajadores, entre otros. Esta encuesta es tabulada y asignada al informe de finalización del proyecto.

Por otro lado, la calidad de una ingeniería puede medirse por la cantidad de Requerimientos de Información (RDI) que presenta la empresa constructora o el inspector de obras, ya finalizado el servicio. Estos requerimientos indican que el servicio prestado no está totalmente claro, o bien, no se tomaron en cuenta ciertos factores. Así, como parte del servicio ofrecido, la empresa calculista debe dedicar tiempo de sus especialistas para clarificar la situación. Por eso, RLE creó un área especializada en RDI, con el objetivo de no sacar a los profesionales de proyectos de sus funciones. Un indicador que maneja esta área es la cantidad y magnitud de estos requerimientos. Estos valores se asignan a los proyectos terminados, ya que forman parte de la gestión post venta.

7.4 Propuesta del Sistema de Control de Proyectos

Según el marco teórico propuesto, existen una serie de aspectos a controlar cuando se administra y controla un proyecto. Sin embargo, se considera pertinente que un sistema de control no se limita a la presentación y seguimiento de indicadores, sino que abarca un proceso el cual tiene eventos que desatan su inicio y su fin. Así, existe participación de diferentes áreas y personas que hacen que el control sea integral.

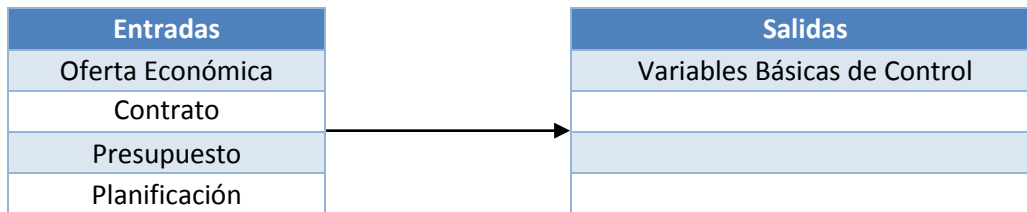
A continuación, mostraré el sistema de control de proyectos que se propone dado los antecedentes y cálculos evidenciados. El sistema de control de proyectos está compuesto por una cantidad determinada de procesos a seguir, agentes involucrados y posibles acciones a tomar. A diferencia del diagnóstico, los procesos serán guiados según vayan ocurriendo y no según las siete áreas a controlar. Esto, debido a que, diferentes etapas del proyecto, van a requerir una diferente aproximación al ítem de conto. Por ejemplo, la calidad del trabajo entregada durante el desarrollo del servicio será medida y controlada de una manera diferente a la medida cuando el proyecto haya finalizado.

Cada proceso establecido en este informe contará con una descripción del mismo, un objetivo a cumplir con el control, las áreas involucradas, las métricas y su cálculo; y, un indicador de desempeño que determine la acción a seguir. Estos procesos se mostrarán según orden cronológico en el que se hacen necesarios durante el desarrollo del proyecto.

7.4.1 Inscripción de un Proyecto

La inscripción de un proyecto se genera cuando el proceso llamado “Estudio de Licitaciones” termina con una adjudicación del contrato. Es en ese momento donde comienzan las contrataciones del personal faltante para el desarrollo del servicio. Así, esta carta de adjudicación firmada da paso a la reunión de inicio (kick-off meeting), la que indica el hito inicial del proyecto. Sumado a esta carta y como se mencionó en la descripción de los proyectos de ingeniería, ya existe una descripción con los entregables, sus horas de trabajo y sus fechas de entrega. El objetivo de este proceso es la generación de información importante del proyecto, que permitirá su gestión más adelante. Además de esta información necesaria, este proceso será el encargado de dar paso a todas las etapas de los demás procesos donde se desarrollarán las variables, ya que aquí se determinan las variables básicas del sistema. Así, la tabla N°14 muestra las entradas y salidas que tiene este proceso, que se describirán más adelante.

Tabla N° 14: Entradas y salidas proceso de Inscripción de Proyectos



Fuente: Elaboración propia.

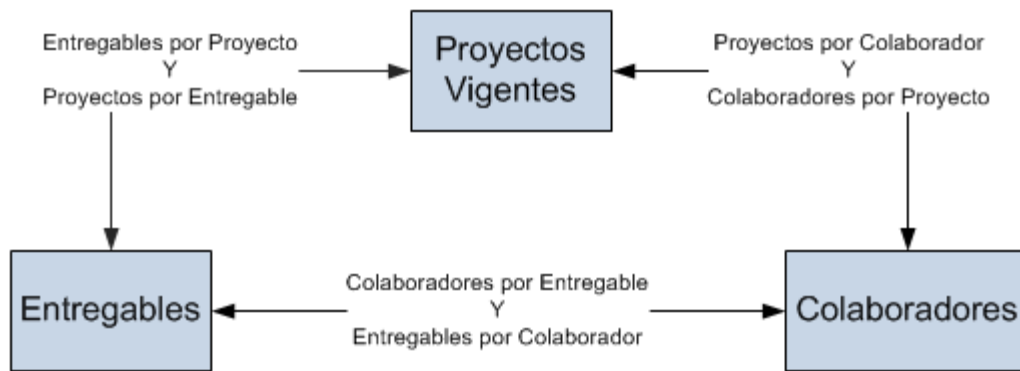
Generación Variables Básicas:

Las variables básicas de un proyecto consisten en una serie de valores que se consideran importantes. Estas variables básicas corresponden a parámetros descriptivos del proyecto que se pueden obtener antes de que el proyecto inicie, ya que su información proviene de las entradas de este proceso. Básicamente, consiste en la digitalización de los datos que ya hoy en día se manejan para entregar un servicio. Esta digitalización apunta a la abrir la posibilidad de operar con los datos que entrega el área encargada de las licitaciones de proyecto. Este proceso tiene como objetivo mostrar la manera en que se trata la información, indicando qué es lo que se necesita obtener de ella. A continuación, se indicarán las variables y conjuntos de datos necesarios para lograr la correcta implementación del sistema de control que se propone. Se buscó que las variables sean lo más estándar posible, para poder implementarlas en cualquier proyecto, sin importar su duración, la cantidad de especialidades que demande, o bien, la cantidad de colaboradores.

En primer lugar, para poder crear variables, se debe tener claridad de los subconjuntos de datos donde esas variables operarán. Para el sistema, estos subconjuntos de datos se enunciarán, indicando sus detalles, dejando que el lector los genere de la manera más conveniente para él.

Así, el sistema debe contener un listado actualizado de los proyectos vigentes, con sus códigos respectivos, su cliente, su jefe de proyecto, fecha de inicio y término estimada. Cada proyecto, debe tener un listado de todos los entregables/actividades que forman parte de él. Además, se deben conocer exactamente qué colaboradores trabajarán en él. De manera inversa, si se selecciona un colaborador, se deben poder obtener todos los proyectos en los cuales tiene participación y más aún, los entregables dentro de cada proyecto. Luego, al seleccionar un entregable, se debe conocer exactamente a qué proyecto pertenece y cuantos trabajadores lo desarrollan. Es decir, deben existir relaciones claras entre estos tres conjuntos de datos: proyectos, entregables/actividades y colaboradores (ver ilustración N°7).

Ilustración N° 7: Relación tres grupos principales



Fuente: Elaboración propia.

Las distinciones y filtros anteriores son clave, debido a que darán paso al correcto cálculo de las variables siguientes. Por ejemplo, cuando se desee obtener el dato de la cantidad de horas que un trabajador le dedica a proyectos en general, se deberá tener claridad de la relación entre estos tres conjuntos, para poder obtener un dato preciso. De ahora en adelante, se denotará el conjunto de proyectos vigentes como P , el de los entregables como E y el de los colaboradores, como C .

Para el sistema en general, se utilizará el concepto de costo directo para referirse a la mano de obra del proyecto y el de costos indirectos para referirse al resto de los costos, mostrados en un análisis previo. No se toman en cuenta gastos de administración.

Luego, para un proyecto p en particular, perteneciente al conjunto de proyectos P , se deben manejar las siguientes variables, a las que se le asigna una identificación:

1. Para cada colaborador, su costo estimado por hora trabajada, chh_e
2. Las horas de trabajo estimadas que cada colaborador le debe dedicar a cada entregable, $hhce_e$
3. Los costos totales indirectos estimados del proyecto, ci_e
4. La fecha de inicio estimada de cada entregable/actividad, fi_e
5. La fecha de término estimada de cada entregable/actividad, ff_e

Con estas variables creadas, se proceden a calcular los siguientes valores:

1. Costo directo estimado para cada entregable, cde_e correspondiente a suma del producto entre chh_e y $hhce_e$, obteniendo un valor para cada entregable.

$$cde_e = \sum_{c \text{ en } C} chh_e * hhce_e \text{ para todo } e \text{ en } E$$

2. Costo directo estimado total del proyecto p , cdt_e .

$$cdt_e = \sum_e cde_e$$

3. Costo indirecto estimado, para cada entregable, cie_e , calculado según la ponderación que tiene el costo directo de cada entregable sobre el total de los costos directos del proyecto (esta metodología se usa actualmente en la empresa).

$$cie_e = \frac{cde_e}{cdt_e} * ci_e \text{ para cada } e \text{ en } E$$

4. Valor Planeado, PV por cada entregable, valor utilizado en la metodología del Valor Ganado, detallada en el marco teórico

$$PV = cde_e + cie_e \text{ para cada } e \text{ en } E$$

5. Valor Planeado Proyecto, PVt utilizado en la metodología del Valor Ganado, detallada en el marco teórico.

$$PVt = cdt_e + ci_e$$

6. Duración Planeada por entregable, PD utilizado en la metodología de la Duración Ganada, detallada en el marco teórico.

$$PD = \sum_c hhce_e \text{ para cada } e \text{ en } E$$

7. Duración Planeada Proyecto, PDt utilizado en la metodología de la Duración Ganada, detallada en el marco teórico.

$$PDt = \sum_e PD$$

8. Días de desarrollo de un entregable, dde_e indica la cantidad de días que tiene un entregable para ser desarrollado, a partir de la planificación inicial.

$$dde_e = ff_e - fi_e \text{ para cada } e \text{ en } E$$

9. Número de entregables finalizados, eed indica la cantidad de entregables que se han finalizado en el proyecto, hasta la fecha de control. Un proyecto estará terminado si se cumple la siguiente condición.

$$ED = PD \text{ para } e \text{ en } E$$

Estas nueve fórmulas son calculables antes de iniciar el proyecto, ya que forman parte de la estimación que realiza el área, con la cual se define, entre otras cosas, el precio del servicio. Luego, con estos datos definidos, es posible pasar a la siguiente etapa del proceso, la cual consiste en la generación de la Ficha Dinámica del Proyecto.

7.4.2 Proceso de Asignación de Horas

La contabilización de horas trabajadas es una actividad clave en la evaluación y gestión de los proyectos estudiados. Como se ha mencionado en el informe, es la unidad básica para establecer el sistema de presupuestos y ofertas económicas en el rubro. La unidad de hora trabajada es la que más peso tiene dentro de la contabilización de costos de un proyecto y, potencialmente, es la que más influye en el desarrollo de este. Dadas las diferencias en el valor de la hora trabajada entre los colaboradores y así, la cantidad de horas que emplea cada uno, este proceso se torna complicado y a la vez se convierte en un elemento trascendental para la gestión y el control. Debido a esta gran importancia, la generación y manipulación de este dato es a su vez, un proceso delicado. Para que sea útil, este dato debe obtenerse de la manera más fiel y precisa posible.

En primer lugar, se mostrarán los datos necesarios que debe recolectar este proceso, detallando cómo deben obtenerse y qué funcionalidad deben presentar. Luego, se mostrarán dos opciones para recolectarlos, obtenidas de investigaciones en el campo.

Se recomienda que las horas trabajadas se contabilicen de manera virtual, no física, ya que esto permite operar sobre los valores. Independiente de la plataforma o software que se utilice, este debe ser capaz de identificar al usuario, es decir, que se tenga claridad de la persona que está asociada a las horas trabajadas. Luego, una vez que se reconoce al trabajador, el sistema debe discriminar los diferentes proyectos en los cuales está inscrito el trabajador, para mostrarlos como opciones a asignar. De cada proyecto, el sistema debe mostrar todos los entregables en los cuales el trabajador tiene participación, dando la opción para seleccionarlos. Además de agregar ciertos entregables ficticios que estarán disponibles para seleccionarlos ante cambios en el contrato. Una vez seleccionado un entregable, el trabajador deberá indicar si el trabajo asignado corresponde a la realización de trabajo, o bien, a la modificación, por previo requerimiento, de un elemento ya trabajado. Una vez seleccionados todos esos datos por parte del usuario, el sistema deberá reconocer la fecha en la cual se realizan las horas trabajadas.

Las horas trabajadas sobre un entregable en particular, pueden ser medidas de dos maneras: asignación manual o automática. La primera, tiene la ventaja de una implementación sencilla donde, además de seleccionar los ítems mencionados, el trabajador debe declarar según su juicio, las horas trabajadas dados los parámetros seleccionados. Por otra parte, esta empresa ya tiene experiencia en una contabilización de horas similar, pero con un nivel bajo de sofisticación. La principal desventaja es que el dato será subjetivo, ya que proviene del juicio parcial del usuario. Por otro lado, la asignación automática requiere un mayor nivel de desarrollo y una implementación más complicada que el método anterior. Esta consiste en una contabilización realizada por

un cronómetro inmerso en la plataforma de registro que se activa y desactiva según lo desee el usuario. Este método reduce parcialmente el sesgo mencionado al principio, ya que el tiempo es medido por una máquina, no obstante, su implementación puede verse coartada por temas de cultura organizacional o bien, por inexperiencia en la implementación de tecnologías de la información. Este estudio no se hará cargo de las posibles problemáticas mencionadas, sino que se limitará a una propuesta fundada del mejor sistema a utilizar.

Sin importar el método utilizado, se considera que las horas imputadas por los trabajadores deben ser sujetas a una revisión semanal por un superior, idealmente la persona que ocupa el cargo de jefe de proyecto. Esta revisión consiste en el chequeo sobre las horas imputadas por los trabajadores durante la semana de trabajo, con el objetivo de detectar faltas o fallas en la contabilización. El chequeo se debe hacer sobre un informe resumen que detalle información relevante para el control. La tabla N°15 muestra la información relevante para controlar en esta etapa.

Tabla N° 15: Información necesaria para Informe Semanal de Horas

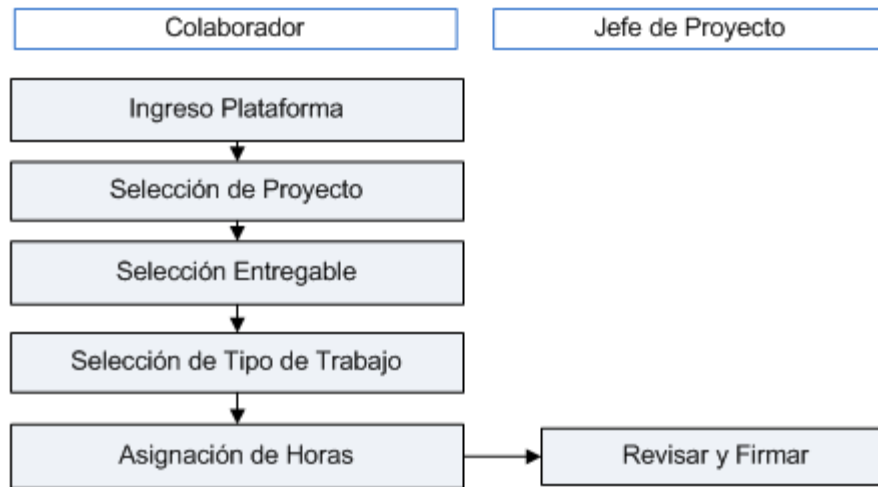
Nombre	Valor	Total
Colaborador 1	Cantidad de horas período actual	Total
Colaborador 2	Cantidad de horas período actual	Total
Colaborador 3	Cantidad de horas período actual	Total
[...]	[...]	[...]
Colaborador n	Cantidad de horas período actual	Total

Nombre	Entregables Desarrollados
Colaborador 1	Listado entregables desarrollados
Colaborador 2	Listado entregables desarrollados
Colaborador 3	Listado entregables desarrollados
[...]	[...]
Colaborador n	Listado entregables desarrollados

Fuente: Elaboración propia.

El documento que albergue esta información se llama “Informe Semanal de Horas”, el cual debe ser aprobado y firmado por el jefe de proyecto. Este se emitirá el último día de la semana, y entregará información recopilada en ese período. Así, el proceso de asignación de horas se describe en la ilustración N°8.

Ilustración N° 8: Proceso de Asignación de Horas



Fuente: Elaboración propia.

7.4.3 Construcción Variables de Avance

Tomando el proceso de la generación de las variables básicas y el de la asignación de horas, se procederá a establecer la metodología para calcular las variables de avance, que serán clave para los procesos de reuniones de avance, reuniones de desempeño y cierre de proyecto. Así, continuando con la notación de las variables declaradas en este sistema, si tienen las siguientes variables de avance.

Para esta sección, se considera que un trabajador de la empresa trabaja un total de hm horas al mes y su sueldo bruto es de sb , variando por colaborador.

1. Entregables faltantes, eft indica la cantidad de entregables que faltan para finalizar el proyecto.

$$eft = total(e \text{ en } E) - eet$$

2. Avance Porcentual Físico por entregable, afe_r , le asigna un porcentaje de avance físico al entregable, según la revisión en la que se encuentre el documento. El porcentaje de asignación dependerá del tipo de servicio que se preste, tal como se mencionó en la sección del diagnóstico. No posee fórmula, es un dato que varía.
3. Avance Porcentual Físico Proyecto, $afet_r$, indica el avance porcentual del proyecto en general, que relaciona los entregables totales y los finalizados. Cabe destacar que esta medida no considera el avance de entregables iniciados, para aportar a la simplicidad del sistema.

$$afet_r = \frac{eet}{eft}$$

4. Valor Ganado por entregable, EV utilizado en la metodología del Valor Ganado.

$$EV = PV * afe_r \text{ para cada } e \text{ en } E$$

5. Valor Ganado Proyecto, EVt utilizado en la metodología del Valor Ganado.

$$EVt = PV * afet_r$$

6. Hora trabajada real por colaborador en cada entregable, por día, $fhhce_r$. Este valor contabiliza el día en el cual se hace el registro de horas declarado en el proceso. Así, para cada día del calendario, una persona trabaja una cantidad de tiempo en entregable(s), pertenecientes a proyecto(s). Esta variable denota la cantidad de horas, dados los parámetros indicados.

7. Horas de trabajo real dedicada por colaborador, a un entregable en particular, $hhce_r$ indica el tiempo dedicado por una persona a un entregable. A su vez, a raíz de la contabilización de horas, se debe identificar una variable htm que indique la proporción de horas que se trabajan realizando una modificación a un entregable, con respecto a las horas de trabajo total.

$$hhce_r = \sum_t fhhce_r \text{ para cada } c \text{ en } C \text{ y para cada } e \text{ en } E$$

8. Costo real por hora trabajada por colaborador, chh_r valor que indica el costo real por hora de un profesional, el cual es independiente del proyecto en que trabaje, ya que tiene que ver con su sueldo bruto sb .

$$chh_r = \frac{sb}{hm} \text{ para cada } c \text{ en } C$$

9. Costo directo real para cada entregable, cde_r correspondiente a suma del producto entre chh_r y $hhce_r$, obteniendo un valor para cada entregable.

$$cde_r = \sum_{c \text{ en } C} chh_r * hhce_r \text{ para todo } e \text{ en } E$$

10. Costo directo real total del proyecto p, cdt_r .

$$cdt_r = \sum_e cde_r$$

11. Costo indirecto real, para cada entregable, cie_r , calculado según la ponderación que tiene el costo directo real de cada entregable sobre el total de los costos directos del proyecto. El costo indirecto del proyecto, ci_r será obtenido desde la contabilidad, indicando lo desembolsado hasta el momento de control.

$$cie_r = \frac{cde_r}{cdt_r} * ci_r \text{ para cada } e \text{ en } E$$

12. Costo real por cada entregable, AC indica el valor real devengado por ese entregable, proveniente del método del Valor Ganado, detallado en el marco teórico.

$$AC = cde_r + cie_r \text{ para cada } e \text{ en } E$$

13. Costo Real Proyecto, ACt indica el costo real del proyecto hasta ese momento, proveniente del método del Valor Ganado, detallado en el marco teórico.

$$ACt = cdt_r + ci_r$$

14. Fecha de inicio y término real de un entregable, fi_r y ff_r respectivamente. Estas fechas denotan el día calendario que el entregable inició y finalizó.

15. Duración Real de cada entregable, AD valor que recoge las horas reales que tomó el desarrollo de un entregable. Proviene desde el método de la Duración Ganada.

$$AD = \sum_c hhce_r \text{ para cada } e \text{ en } E$$

16. Duración Real Proyecto, ADt recoge la cantidad total de horas de trabajo dedicadas al proyecto, proviene de la metodología de la Duración Ganada.

$$ADt = \sum_e AD$$

17. Tiempo estimado hasta completar el entregable, $EDTC$ es un dato que entregan los trabajadores de un entregable, indicando las horas de trabajo estimadas que faltan para terminar un entregable. Este valor proviene del método de la Duración Ganada.

18. Índice de Progreso de la Actividad (entregable), API es una medida porcentual de avance, en términos de horas de trabajo.

$$API = \frac{AD}{AD + EDTC} \text{ para cada } e \text{ en } E$$

19. Duración Ganada por entregable, ED es una medida de avance de horas medida como proporción de la duración planificada del entregable. Proviene del método de la Duración Ganada.

$$ED = PD * API \text{ para cada } e \text{ en } E$$

20. Tiempo estimado hasta completar el proyecto, $EDTCt$ contabiliza el total de horas de trabajo estimadas hasta completar el proyecto. La distinción que debe hacerse en este caso corresponde a los entregables: \hat{e} son todos los entregables que están en proceso y e' son todos aquellos que aún no se han iniciado.

$$EDTCt = \sum_{\hat{e}} EDTC + \sum_{e'} PD$$

21. Índice de Progreso de la Actividad Proyecto, $APIt$ es una medida porcentual de avance del proyecto, en términos de horas de trabajo.

$$APIt = \frac{ADt}{ADt + EDTCt}$$

22. Duración Ganada del Proyecto, EDt es una medida de avance de horas medida como proporción de la duración planificada de proyecto. Proviene del método de la Duración Ganada.

$$EDt = PDt * APIt$$

Estas 22 variables corresponden a variables de avance y como se menciona en ellas, se han generado los tres principales valores de los métodos del valor y de la duración ganada, por lo tanto, ahora su implementación es sumamente sencilla, ya que consiste en reemplazar los valores encontrados en diferentes etapas del proceso de control. Estos valores que se controlarán serán indicados en los procesos que restan.

7.4.4 Reuniones de avance

Las reuniones de avance propuestas en este sistema son un hito de control presencial que consisten en la declaración del estado del proyecto, hasta la fecha de la reunión. Esta reunión tiene como objetivo informar internamente cómo van los principales indicadores de desempeño del proyecto. Este proceso de control tiene tres características: periodicidad, integrantes e indicadores a controlar.

En primer lugar, se estima que los indicadores deben medirse en forma bimensual, idealmente cada dos semanas. Las reuniones comienzan a contar del día en que se realiza la reunión inicial del proyecto (kick-off meeting). Esta periodicidad es independiente de la duración del proyecto, debido a que los indicadores propuestos

corresponden a avances relacionados a entregables y la proyecto, por lo tanto, en cada ocasión habrá variables que analizar.

Luego, al ser una reunión de avance, es clave que esté presente el Jefe de Proyecto quien presentará los avances hasta la fecha. Además, debe asistir el Subgerente de Ingeniería y el Supervisor de Proyectos, este último actúa de visitador de proyectos. No es completamente necesario que asista el Gerente de Ingeniería, debido a que son reuniones operativas. Además, debe asistir el Encargado de Programación y Horas del proyecto, quien genera la información presentada en la reunión.

Por último, se debe definir qué indicadores serán analizados en la reunión. Para esto, se mostrará que variables se utilizarán, obteniendo métricas claras e indicadores de desempeño. Los indicadores que deberán medirse a continuación se clasifican según el mismo criterio que el diagnóstico, es decir, según el aspecto del control que buscan medir. Se separan de la siguiente manera: dos relacionados al tiempo, dos al costo y uno a los recursos humanos; además de las Curvas-S de ambos modelos.

7.4.4.1 Tiempo

Índice del Desempeño de la Duración de Entregables (*DPI*)

Tal como se mencionó en el marco teórico, este indicador proviene del modelo de la duración ganada e indica qué tan bien va el entregable en relación al plazo establecido, medido en cantidad de horas de trabajo dedicadas. Este indicador se analizará sobre proyectos que, a la fecha de medición, ya deberían estar terminados. Esto, debido a que lo importante es la fecha de término del entregable, no su avance durante el rango de tiempo que existe para desarrollarlo, dando más libertad de acción a los especialistas.

$$DPI = \frac{ED}{AD}$$

Esta métrica tomará valores iguales o mayores que cero, los rangos son los siguientes:

- Bajo = menor a 0,9. El entregable está tomando mayor cantidad de horas de trabajo según el avance reportado.
- Medio = 0,9-1,1 incluyendo los extremos. El avance del entregable y las horas de trabajo utilizadas son relativamente parecidos.
- Alto = mayor a 1,1. El avance del entregable es mayor a las horas de trabajo utilizadas.

Índice de la Duración Ganada (*EDI*):

Este indicador mostrará la relación entre el avance del entregable en relación a su planificación inicial, basada en la cantidad de horas laborales dedicadas. Al igual que el indicador anterior, esta medición se hará sobre los entregables que deberían haber terminado para la fecha de revisión.

$$EDI = \frac{EDt}{PDt}$$

Esta métrica tomará valores entre cero y uno, pudiendo interpretarse como un porcentaje de avance.

- Bajo = menor a 0,75. El entregable está sumamente atrasado, se deben tomar acciones.
- Medio = 0,75 y 0,99 incluyendo los extremos. El entregable está demorado, sin embargo, se terminará pronto.
- Correcto = 1. El entregable finalizó correctamente en su fecha estipulada.

Relación Variables Modelo del Valor Ganado.

Este indicador busca relacionar las tres principales variables del modelo: la duración ganada, real y planificada. Así, se ordenarán en una recta entre cero y el valor planeado, ubicando las otras dos variables según correspondan en magnitud. Aquí será clave la diferencia entre el valor de ED y AD , ya que indicará las horas ahorradas o bien, las horas extras dedicadas al entregable.

7.4.4.2 Costo

Variación del Costo por Entregable y Proyecto:

Este indicador, como lo dice su nombre, compara el valor ganado (EV) del entregable, con el valor realmente gastado (AC). Este indicador se genera tanto para cada entregable, como para el proyecto en general (EVt) y (ACt). Siempre tomando en cuenta los proyectos que, hasta la fecha de revisión, ya debiesen estar finalizados.

$$CV = EV - AC$$

$$CVt = EVt - ACt$$

Los valores para analizar esta métrica son los siguientes, siempre que $AC \geq EV$:

- Bajo: $0 \leq CV < 0,05 * EV$
- Medio: $0,05 * EV \leq CV < 0,1 * EV$
- Alto: $0,1 * EV \leq CV$

Para el caso del proyecto en general, solo se debe reemplazar la variable que toma cada entregable por la variable que toma en cuenta el proyecto completo.

Curva-S EVM

A continuación, se deberá generar un gráfico que contabilice las tres variables principales del modelo del valor ganado, del proyecto total, tomando en cuenta los entregables que ya deberían haber terminado. Este gráfico se irá acumulando a medida que avance el proyecto y medirá la relación entre el avance, la planificación y el costo

real, medido en dinero. En el momento de la revisión, se deben indicar los valores actuales de las tres variables mencionadas.

7.4.4.3 Recursos Humanos

Este indicador mide el desempeño de los trabajadores, relacionando las horas estimadas y las horas reales de trabajo. Se medirá sobre todos los trabajadores y sobre los entregables que deben estar terminados al momento del análisis.

Desempeño de Recursos Humanos:

$$DRH = \frac{\sum_{p'} \sum_{e'} hhce_r}{\sum_{p'} \sum_{e'} hhce_e} \text{ para cada } c \text{ en } C$$

Donde

p': Proyectos en los cuales participa el colaborador

e': Entregables que deben estar finalizados en la fecha de revisión

Este indicador no debe sobrepasar el valor de 1,1 ya que eso indica que los trabajadores se están demorando un 10% más en realizar sus funciones. Ante esta situación se deben tomar acciones correctivas.

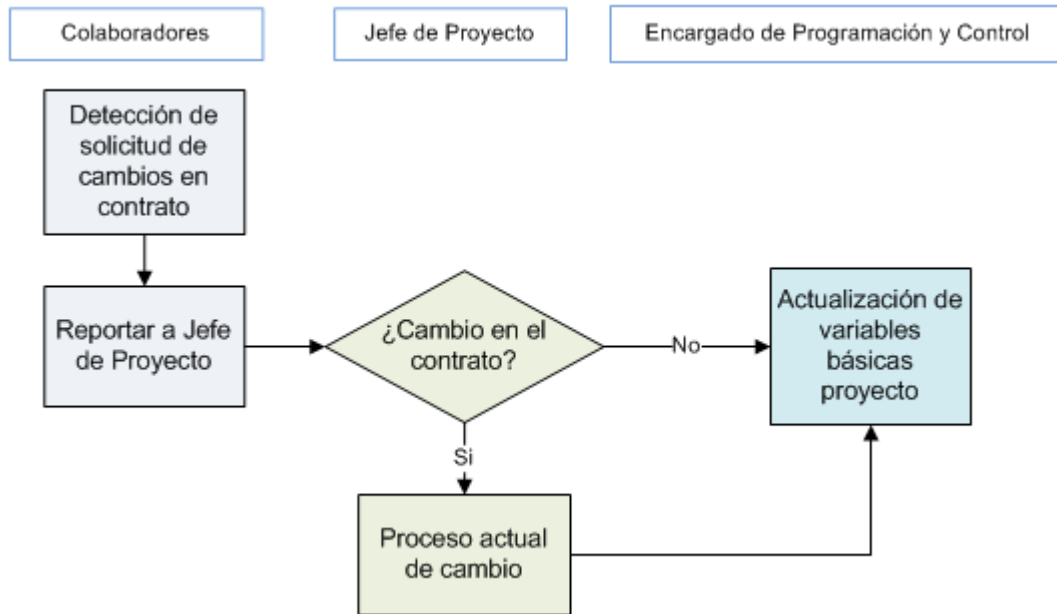
7.4.5 Notas de cambio

Si bien el proceso de notas de cambio sí se encuentra declarado por la gerencia, se considera necesario incluirlo en trabajo. No tomarlo en cuenta, puede ser perjudicial para el proyecto, por dos razones principales. La primera guarda relación con la administración del tiempo, ya que habrá horas trabajadas que se asignarán de forma errónea a un entregable, o bien, se contabilizarán como ociosas falsamente; estos dos casos ensuciarán los datos registrados. Por otra parte, un cambio en el alcance del proyecto, que no sea contabilizado, generará que se dediquen horas de trabajo no cobradas, lo que atenta con la salud financiera del proyecto.

Como se mencionó anteriormente la relación entre la empresa y el cliente es algo que se debe cuidar. En la realidad no se cobran todos los trabajos extras realizados, sin embargo, se considera estrictamente necesario incluir los trabajos extra en la contabilización de horas, aun si no son cobrados al cliente. La salud de los datos es importante y mantenerla no interfiere con la calidad la relación con el cliente.

Así, al detectar una solicitud de trabajo extra, cualquiera sea su nivel de especificación, se le debe indicar al jefe de proyecto, el cual determinará si es necesario incluirlo o no en el contrato. Si se decide incluir, se tomará el proceso actual de cambios de contrato, declarado en este informe, para luego incluir los cambios en las variables y datos del sistema de control. En caso contrario, cuando se decide no incluir el cambio, se procederá directamente al cambio en las variables del sistema de control.

Ilustración N° 9: Proceso de Cambio en el Contrato



Fuente: Elaboración propia.

7.4.6 Distribución del Tiempo

Este proceso también consiste en un control periódico de variables. Se deja separado de los demás debido a que es un proceso de control agregado a todos los proyectos y se escapa en cierta medida del control operacional, tornándose a un nivel más táctico. El objetivo de este proceso es desagregar las horas de trabajo en tres aristas: trabajo, trabajo extra y ocio. Esta información se analizará para todos los proyectos de ingeniería en su conjunto. Este proceso genera indicadores con respecto a la cantidad de tiempo que se utiliza por proyecto y por trabajador, para controlar los datos arrojados en el análisis de la utilización de los profesionales.

Para generar este indicador, se calculará la cantidad de horas trabajadas estimadas de todos los proyectos desarrollados, de todos los entregables realizados hasta el momento y los colaboradores que participaron en ellos (HHT_e). Siempre tomando en cuenta entregables que estén terminados, ya que para ello existe el dato del tiempo estimado de desarrollo. Luego, se calculará el mismo valor anterior, pero de manera real, es decir, el tiempo obtenido desde la plataforma de asignación de horas (HHT_r). Este último valor tomará en cuenta todas las horas trabajadas en todos los proyectos y todos los entregables terminados, independientemente si se trata de un trabajo extra o modificación a un entregable. Por último, se tomará en cuenta la cantidad de horas que se trabaja en un mes (hm), que será igual para todos los trabajadores con contrato completo en la gerencia.

$$HHT_e = \sum_{p'} \sum_{c'} \sum_{e'} hhce_e$$

$$HHT_r = \sum_{p'} \sum_{c'} \sum_{e'} hhce_r$$

Así, el indicador se verá reflejado en la tabla N°16, para su mejor entendimiento.

Tabla N° 16: Distribución horaria según tipo de trabajo

Indicador	Cálculo	Proporción
Trabajo	HHT_e	$\frac{HHT_e}{hm}$
Trabajo Extra	HHT_r	$\frac{HHT_r - HHT_e}{hm}$
Ocio	hm	$\frac{hm - HHT_r}{hm}$

Fuente: Elaboración propia.

Para este indicador no existen rangos aceptables o no aceptables, debido a que va a depender de la demanda de trabajo que tengan los trabajadores a medida que avanza el proyecto. Sin embargo, es una medida clara de utilización de los recursos y dada la importancia de la mano de obra dentro de los costos, será capaz de explicar pérdidas de dinero asociadas tanto a desempeño de los trabajadores, o bien tiempos de ocio.

7.4.7 Contratación de Personal

Como se mencionó al inicio del trabajo, esta empresa genera y finiquita una gran cantidad de contratos mensualmente. Al existir siete gerencias operativas, se hace complicado para el área de Personas y Organización conocer exactamente el contexto de cada una, lo que provoca que no siempre se tenga claridad de dónde exactamente trabaja cada profesional. Por otra parte, el problema de la asignación individual de profesionales a proyectos, causa una confusión aún mayor. Así, se considera vital que la gerencia conozca exactamente donde se asigna el trabajo de sus empleados. Esta información será modificada de manera dinámica y tendrá mucha utilidad para el resto de los procesos. Se considera importante que la claridad de esta información venga desde el momento en el que el trabajador ingresa a la gerencia. El proceso actual de contratación no se verá afectado, sino que se le agregará esta recopilación de información.

El proceso actual se inicia con la generación de un requerimiento por parte de la Gerencia de Ingeniería hacia la Gerencia de Personas y Organización (ver anexo N°11), el cual tiene como nombre "Proceso de Selección e Incorporación". Este proceso

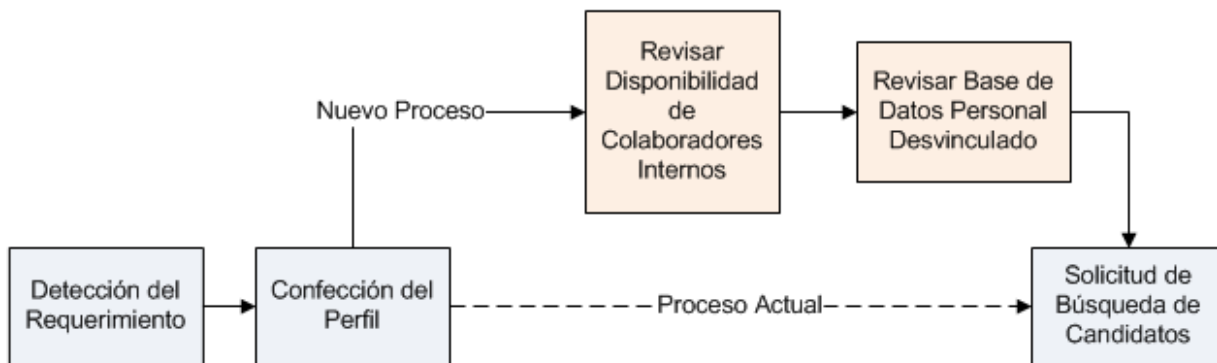
termina con los datos de la persona guardados en la base de datos de dicha área y con la persona ya ingresada a la empresa.

Las variaciones que se harán para este proceso no son complejas, pero establecen pasos a seguir para disminuir pérdidas potenciales. En primer lugar, y además de toda la información que se maneja, se debe almacenar en forma de tabla información básica de todas las personas que hayan trabajado en la gerencia, independiente si actualmente no están. La información que se requiere recopilar en dicha tabla es la siguiente:

- Nombre completo
- Rut
- Título(s) profesional(es)
- Años de experiencia
- Proyecto(s) donde hubo participación
- Especialidad
- Cargo(s) en la empresa
- Contacto

Así, luego de la detección del requerimiento de un nuevo colaborador y antes de derivar la solicitud a la Gerencia de Personas, se deben agotar dos opciones. La primera guarda relación con la cantidad de horas de ocio que tendrán los colaboradores actuales durante el período analizado. Se debe hacer un análisis para ver si los colaboradores actuales pueden suplir la falta de personal que existe. Este cálculo se hará utilizando la variable $hhce_e$, aquella relacionada a las horas de trabajo estimadas, sumada según los entregables futuros que tendrán los colaboradores potenciales para trabajar. Luego, en caso que no exista tiempo disponible por colaborador, se procede a analizar la base de datos de personas recién mencionada. Al verse en la necesidad de incluir a un trabajador a la gerencia, es ideal que sea una persona que ya haya trabajado anteriormente en la empresa, debido a que conoce los procedimientos y metodologías de trabajo. Esto ayuda a que el tiempo de costumbre en esta nueva tarea se reduzca lo más posible. Por último, si no existe un ex-trabajador disponible para la tarea, se deberá volver al proceso original de contratación. Así, se puede observar la ilustración N°9 para comprender donde se hace la modificación al proceso original.

Ilustración N° 10: Variación a proceso de Reclutamiento



Fuente: Elaboración propia.

7.4.8 Cierre del proyecto

Al momento de cerrar un contrato con un cliente, se deberán establecer indicadores de cierre que resuman el desempeño del proyecto y den información sobre su cliente. Para esto, se definieron tres criterios principales: calidad, costo, desempeño y análisis posterior.

1. Calidad: Para medir la calidad del servicio se entregará una encuesta al cliente al finalizar el proyecto, que busque establecer la idea que tiene el cliente del proceso en general. Como ya existe una encuesta de satisfacción diseñada, se utilizará esa misma, cuyo formato se encuentra en el área de desarrollo organizacional.
2. Costo: Esta medición busca establecer una relación entre el presupuesto inicial aceptado y el costo real del servicio. Es sumamente importante que se posea este dato debido a que determina si el proyecto es rentable o no.
3. Desempeño: Esta medida mostrará la relación entre las horas estimadas de trabajo en el proyecto y las horas reales.
4. Análisis posterior: Para establecer las lecciones aprendidas, se detallarán dos medidas. La primera será la proporción de horas trabajadas en modificaciones (*htm*), que indicará si el cliente es o no propenso a pedir modificaciones a los diseños. Por otro lado, se asignará al proyecto dentro de una categoría según la complejidad de la ingeniería: baja, media y alta.

Estos cuatro aspectos ayudarán a las decisiones futuras relacionadas a proyectos, debido a que analizan desde diferentes puntos de vista el proceso de desarrollo del servicio. Esta información tiene el objetivo de apoyar decisiones futuras, por ningún motivo propone determinar si desarrollar o no un proyecto, dados los valores obtenidos.

A modo de resumen y con el objetivo de acercar los indicadores a la estrategia de la empresa, se muestra la tabla número

Tabla N° 17: Resumen Sistema de Control relacionado con la estrategia del área.

Objetivo estratégico	Variable o Práctica del Sistema de Control	Subítem	Ubicación en Informe
Digitalización	Inscripción del Proyecto		7.4.1
Digitalización	Asignación de Horas		7.4.2
Conocimiento/ Digitalización	Variables de Avance		7.4.3
	Reuniones de Avance		7.4.4
Conocimiento		Tiempo	
Comercial		Costo	
Gestión de Personas		Recursos Humanos	
Conocimiento/ Digitalización	Notas de cambio		7.4.5
Conocimiento	Distribución del Tiempo		7.4.6
Gestión de Personas	Contratación del Personal		7.4.7
Conocimiento	Cierre del Proyecto		7.4.8

Fuente: *Elaboración propia.*

Se debe destacar que el sistema de control presentado no incluye el 100% de los indicadores mencionados en el marco teórico. Existen algunos que no se pueden implementar hasta tener una data suficiente. Así, se incluirá este aspecto en las recomendaciones de implementación.

Así, el sistema de control de proyectos finaliza luego de haber mencionado todos los procesos donde se propone hacer cambios. A continuación, se detallará un capítulo sobre las recomendaciones que hace el autor para la implementación correcta del sistema en la gerencia.

CAPÍTULO 8: RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En esta sección se mostrará cómo gestionar la relación entre la cultura, los procesos actuales de la empresa y el sistema de control de proyectos que se propone. Se tomarán ambos puntos para que la implementación sea lo más aterrizada posible.

En primer lugar, para que el sistema de control de proyectos propuesto sea implementado de una manera efectiva, se debe iniciar con el convencimiento de que el control es algo determinante cuando se quiere que una planificación se cumpla. Luego, no existe control si no existen mediciones, por lo tanto, un proceso que no se mida no será capaz de mejorar. Así, de manera general, debe existir en la gerencia una cultura de control, es decir, situar a las mediciones en un punto importante en el desarrollo de las labores y que la salud y precisión de los datos es algo fundamental. Una vez convencidos de que el control es importante, debe existir un compromiso con el sistema, ya que debe ser utilizado por los trabajadores internos de la empresa y, en ocasiones, por los trabajadores externos, que presten servicios de alguna especialidad. Siguiendo este punto, se debe generar una estrategia para bajar los procesos desde los cargos estratégicos hasta los cargos tácticos y operativos de la gerencia.

De manera práctica, se proponen una serie de pasos a seguir para poder implementar correctamente el sistema, tanto para la generación de información como para establecer el control propuesto. Antes de pasar a la metodología de implementación, se recomienda partir por un proyecto en fase de inicio y avanzar de manera paralela con la metodología actual y la propuesta. Esto dará luces de posibles problemas que serán fáciles de corregir.

1. La primera decisión que debe tomarse corresponde a la definición de la forma con la cual se asignarán horas trabajadas de los profesionales. En el presente trabajo se deja abierta la decisión, sin embargo, se debe tomar en cuenta que cada una tiene aspectos positivos y negativos. Por ahora ambas opciones son válidas, sin embargo, hacia el futuro, se recomienda fuertemente que se deje de lado la opción de que cada colaborador declare sus horas, debido al sesgo que se puede presentar.
2. Luego, se debe definir quién será el encargado manipular los datos y generar las variables necesarias que se presentan en el sistema de control. Se recomienda que la persona encargada sea quien ocupe el cargo de Programación y Control. Dicha persona experimentará un aumento en sus horas de trabajo debido a esta nueva tarea.

8.1 Sistema de Información

Luego, se debe determinar cuál es la plataforma en la cual se manejarán los datos. El sistema está diseñado para que pueda ser implementado en un software compuesto por planillas (Microsoft Excel o similares), o bien en un ambiente de mayor

complejidad incluyendo modelos de bases de datos relacionales. Una mayor complejidad del software implicará un menor trabajo en la gestión de las variables.

Para apoyar la toma de decisión, se presentan características de la plataforma escogida, para poder maximizar la calidad de la implementación del sistema de control.

El tipo de información es de carácter cualitativo y cuantitativo esencialmente, así, cualquier plataforma que cumpla con el procesamiento de datos de este estilo cumple con lo solicitado; sin embargo, será de mucha utilidad la generación de atributos visuales, tales como gráficas y tablas.

Por otro lado, la disponibilidad de la información debe ser inmediata, consultable y tratable desde dispositivos de programación de fórmulas simples. Esta disponibilidad no debe afectar la característica de seguridad que debe poseer la información, debido a que no cualquier usuario sea capaz de cambiar los datos recolectados.

Por último, dado el proceso de digitalización en el que se encuentra el área y la empresa en general, se propone alojar los datos sistema de “nube” y que permita consultarlos y recolectarlos desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Esta última característica es opcional, sin embargo, aporta a la seguridad y a la disponibilidad de los datos.

8.2 Fases de la Implementación

Una vez solucionados los puntos anteriores, se presenta a continuación una serie de fases para llevar el sistema de control directamente a la práctica en la gerencia analizada. Para cada implementación de una práctica o proceso, se recomienda seguir los siguientes pasos.

8.2.1 Requerimientos Tecnológicos y de Personal

La primera fase consiste en establecer el proceso o la práctica del sistema que se desea implementar (son ocho y se deben implementar por separado). Luego, se debe determinar qué cargos son los que se ven afectados con este cambio, así como qué requerimientos tecnológicos están implicados. Se debe responder a las preguntas: ¿Quién debe realizar el cambio?, ¿Qué necesita para implementar el cambio?

8.2.2 Comunicación del Modelo

En esta segunda fase entra en juego las habilidades organizacionales de quienes implementan el sistema de control. Aquí se espera que exista claridad con respecto al modelo a implementar, en sus pasos y requerimientos. Esta fase debe enfrentar la idea de que un cambio genera incertidumbre en el equipo, por lo tanto, se necesita que todos los participantes muestren un compromiso con la iniciativa para lograr una implementación exitosa. Así, se debe responder a la pregunta: ¿Cuál es la mejor manera para desplegar el Sistema de Control?

8.2.3 Canales de Comunicación

En la tercera fase se define cuáles serán los canales más apropiados para la comunicación del sistema de control. Estos canales dependerán exclusivamente del personal involucrado y el nivel tecnológico que se maneje. Para ello se debe conocer a los trabajadores y su manera de trabajar, ya que todo cambio requiere de una adaptación que será más o menos complicada, si se conoce al responsable de realizarlo.

8.2.4 Materialización Gradual de Cambios

Esta implementación del sistema de control debe considerar una etapa de marcha blanca y seguimiento de posibles problemas. Se recomienda que estos problemas sean registrados y analizados para la implementación del siguiente ítem. Esto ayudará a minimizar la generación de obstáculos y enmarcará la implementación dentro de un proceso de mejora continua.

Al momento de la implementación, se recomienda fuertemente el pragmatismo y el orden, ya que lo presentado no es algo simple de seguir. Por lo mismo, al ser un sistema integrado, muchos datos y variables dependen de que cálculos previos sean realizados correctamente.

De manera general, el trabajo desarrollado abre posibilidades para futuros trabajos en relación a estos tipos de proyectos. Una vez consolidada la información que se propone recolectar y cuando el sistema funcione correctamente, existen algunas mejoras que se pueden implementar al sistema planteado. En primer lugar, se propone continuar con ciertas variables de control que no forman parte del sistema de control, por ejemplo, las asociadas a pronósticos. Generar pronósticos entrega una visión fundada de lo que se espera que ocurra en el futuro y eso agrega valor debido a que disminuye en cierta medida la incertidumbre. Siguiendo la misma línea, se propone que una vez implementado el sistema de pronósticos, se proceda con la generación de variables que evalúen dichos pronósticos y permitan mejorar su precisión.

Por otro lado, se declaró que el alcance no abarcaba el proceso de generación de planificaciones y presupuesto, sino que lo asumía como correcto y basaba el correcto desempeño en torno a este. Se considera interesante para futuros trabajos, incluir un análisis detallado de ese proceso, debido a que sus resultados (presupuesto, tarifas y planificación), toman un protagonismo relevante durante todo el desarrollo del proyecto. Así, tomando los datos que se obtendrán de este trabajo e incluyendo un análisis sobre esta área encargada de planificar y tarifar, es posible realizar un modelo de optimización de recursos. Dadas las limitadas horas de trabajo y las detalladas planificaciones, podría ser útil que se incluyan todos los proyectos a desarrollar en un programa que entregue la mejor estructura para trabajar, definiendo parámetros y restricciones propias del rubro.

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

A continuación, se concluirá el trabajo realizado desde una perspectiva específica y otra general, buscando destacar los aspectos relevantes de la realización del trabajo.

De manera específica, se hizo un análisis profundo del tipo de proyectos de desarrollo de ingeniería, logrando obtener bastante información sobre ellos, desde variados puntos de vista. Se logró evidenciar que las horas de trabajo de los especialistas son sumamente importantes y pueden determinar el resultado económico de un proyecto. Dada su calidad de especialistas, el valor de una hora trabajada es alto, por lo tanto, se debe realizar gestión sobre ese recurso. Se encontró la importancia práctica de medir esa cantidad de horas trabajadas y que son una variable clave para reportar los avances de un proyecto. Se considera importante mencionar la relevancia de conocer los conceptos de horas “ganadas” y “gastadas”, ya que su uso genera resultados completamente diferentes asociados al avance de los entregables y del servicio en general.

Por otro lado, si bien los proyectos de desarrollo de ingeniería pueden contener diferentes disciplinas como: sanitaria, estructural, hidráulica, eléctrica, entre otros; se considera que una manera de simplificar la gestión de estos es tratando estas tareas como una serie de entregables desarrollados por un grupo de especialistas utilizando, en mayor parte, horas de trabajo. Con esto no se busca simplificar el trabajo que realizan dichos expertos, sino más bien, simplificar la gestión del proceso de desarrollo de un servicio de esta categoría. Hecha esta simplificación, se abre el paso para implementar modelos como el presentado en este trabajo, sumado a muchos más que tengan como objetivo mejorar la eficiencia del servicio.

En el presente trabajo, se considera que se cumplieron los cuatro objetivos específicos relacionados con la definición de indicadores relevantes para ejercer un control de los proyectos, provenientes de la teoría vigente. También, la determinación de variables necesarias para crear dichos indicadores utilizando la información que generan estos proyectos y mostrar un procedimiento claro para la recolectar la información existente. Luego, terminar con la presentación de un sistema de control que utilice los factores anteriores y los integre en procesos clave de la gerencia.

El cumplimiento de estos cuatro objetivos presume el cumplimiento del objetivo general, de “Generar un sistema de control de proyectos de desarrollo de ingeniería, que mida y controle información relevante para la gerencia, y que permita reportar sus avances físicos y temporales para reducir variaciones en el presupuesto”. Así, se considera que el manejo de la información concreta y relevante será el primer factor que ayude a la gerencia a disminuir las variaciones con el presupuesto.

Dado el análisis hecho en esta empresa y el benchmarking realizado, se concluye que existe un gran espacio de mejora en la gestión y control de los proyectos de ingeniería. Las herramientas y prácticas vistas, poseen bastante probabilidad de error y la información que generan no siempre es fidedigna, ya que los procesos son débiles.

Debido a que el control no es una característica fuerte del rubro, se considera que existen oportunidades para subir el estándar de gestión de los proyectos a un nivel internacional utilizando bibliografía similar a la utilizada en este trabajo. Un desafío para los administradores y desarrolladores de proyectos de ingeniería es la metodología del Building Information Modeling (BIM), que es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares para el desarrollo de diseños colaborativos y en tiempo real, en un espacio virtual. Su objetivo es el desarrollo de información concisa para los proyectos buscando agregar valor mediante la unión de sus interesados [17]. El desafío consiste en implementar estas metodologías en las diferentes especialidades de la ingeniería con el objetivo de subir el estándar de desarrollo y aumentar la eficiencia del trabajo.

Finalizando, se destaca la utilización de las herramientas y los conocimientos obtenidos en el estudio de la carrera de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Chile, siendo estos un factor clave en el desarrollo de este trabajo. La descripción de un problema, la elección de un marco teórico atingente y de una metodología aterrizada permitieron que este trabajo finalice de manera satisfactoria.

BIBLIOGRAFÍA

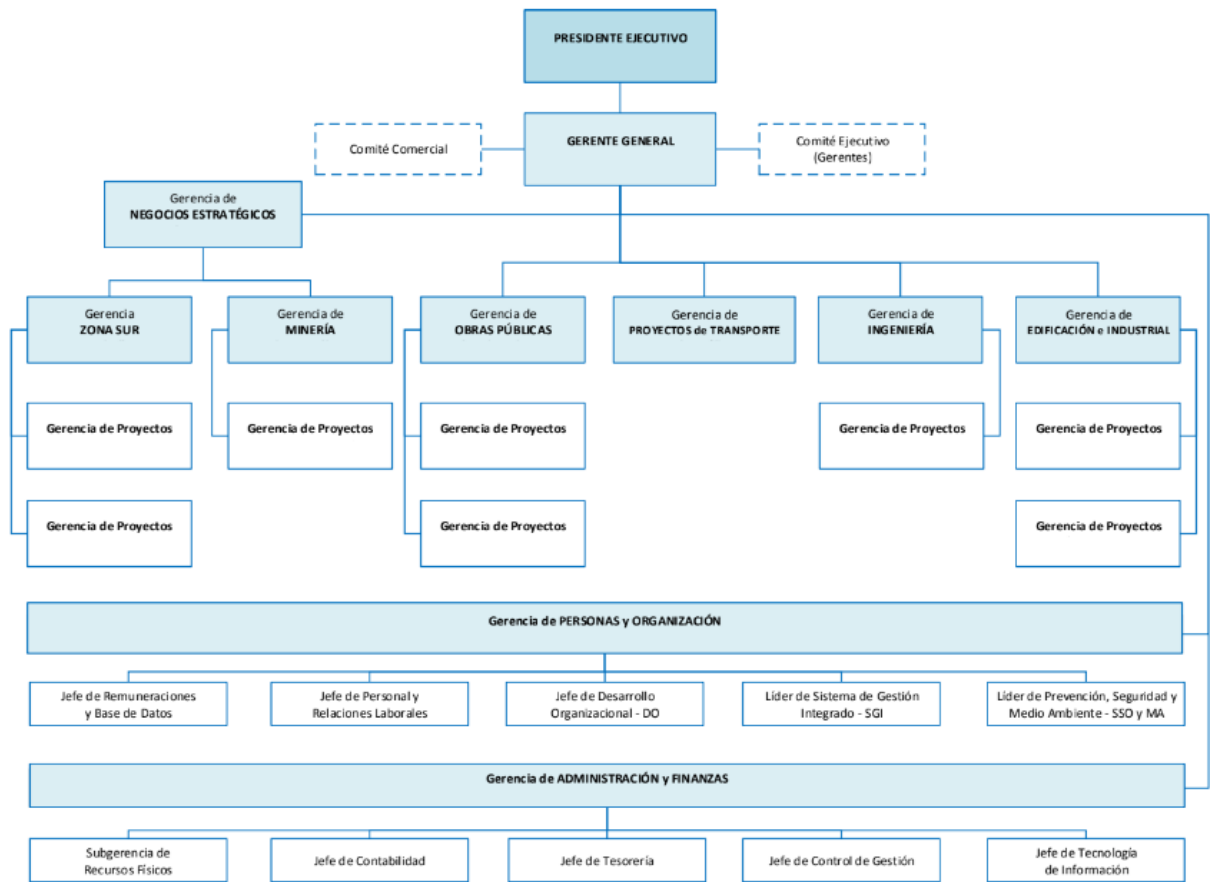
- [1] Asociación de empresas de Ingeniería en Chile (AIC) (2019), sitio web: <https://aic.cl/en/estructura-organizacional/>. Obtenido el 02 de abril de 2019.
- [2] Ministerio de Obras Públicas de Chile (vigente), sitio web: <https://www.mop.cl/acercadelmop/Paginas/Organigramayestructura.aspx>. Obtenido el 02 de abril de 2019.
- [3] Gerencia General Empresa (2017), Libro de Celebración de los 40 años de la Organización. Se le entregó uno a cada colaborador.
- [4] Ximena Greene (28 de marzo de 2018), Revista En Concierto, sitio web: <http://www.revistaenconcreto.cl/empresas-con-historia-cchc/cruz-davila-ingenieria-tradicion-experiencia-calidad/>. Obtenido el 28 de marzo de 2019.
- [5] PSI Consultores, sección “Nosotros” (vigente), Sitio web de la empresa: www.psiconsultores.cl/PSI2017/nosotros. Obtenido el 15 de julio de 2019.
- [6] Equipo desarrollo Plan Estratégico 2022 (2017). Sitio web Intranet corporativa: www.cruzydavila.cl/in2. Obtenido el 10 de enero del 2019.
- [7] Equipo desarrollo Plan Estratégico 2022 (2017). Sitio web Intranet corporativa: www.cruzydavila.cl/in2. Obtenido el 25 de enero del 2019.
- [8] Gerencia de Ingeniería (2019). Manual de Gestión. Sitio web intranet corporativa: www.cruzydavila.cl/in2.
- [9] Jorge Rivas (13/06/2017), Colegios de Ingenieros de Chile, sitio web: <http://colegioingenieros.blogspot.com/2017/07/el-desarrollo-de-proyectos.html>. Obtenido el día 09 de abril del 2019.
- [10] Jugdev, K., Perkins, D., Fortune, J., White, D. and Walker, D. (2012). An exploratory study of Project success with tolos, software and methos. *International Journal of Managing Projects in Business* (Vol. 6 No. 3, 2013). Recuperado desde www.emeraldinsight.com/1753-8378.htm
- [11] A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) 2000 Edtition Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA.
- [12] Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) Tercera Edición 2004 Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EE.UU.
- [13] Khamooshi, H. and Golafshani, H. (2013) EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and

measurement. *International Journal of Managing Projects in Business* 32 (2014) 1019-1041.

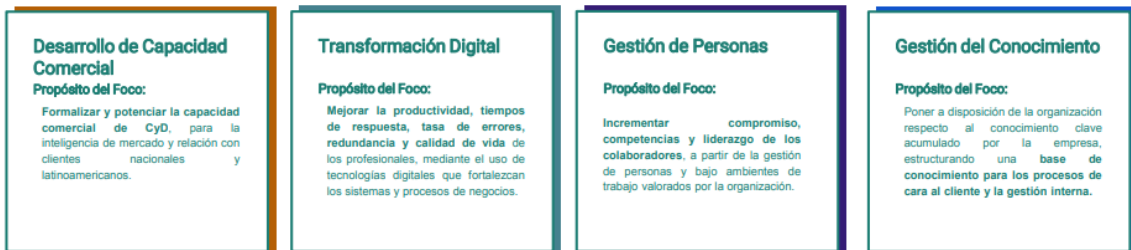
- [14] Yousefi, N. and Currie, K (2016) Statistical control charts usage for Project Schedule index in EDM. *Proceedings of the 2016 Industrial and Systems Engineering Research Conference H. Yang, Z Kong, and MD Sarder, eds.* Recuperado desde <https://www.researchgate.net/publication/308891669>.
- [15] Practice Standard for Earned Value Management (2005), Project Management Institute, Inc. Four Campus Boulevard Newtown Square, PA 19073-3299, USA.
- [16] René Lagos Engineers (Vigente) *Nuestro Equipo*, sitio web de empresa: www.renelagos.com/word1/?page_id=1083. Obtenido el 14 de junio de 2019.
- [17] Comité de Transformación Digital (CDT), Corfo (vigente) *What is BIM*, sitio web de Planbim, perteneciente al Estado de Chile: www.planbim.cl/what-is-planbim/?lang=en. Obtenido el 12 de julio de 2019.

ANEXOS

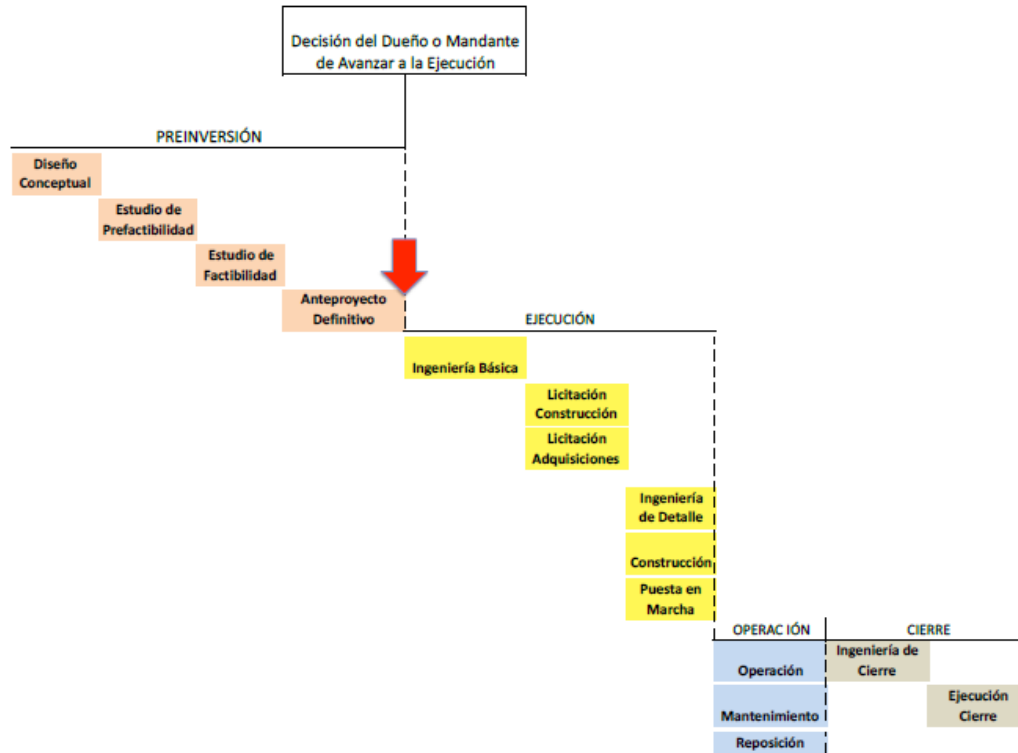
1. Organigrama empresa:



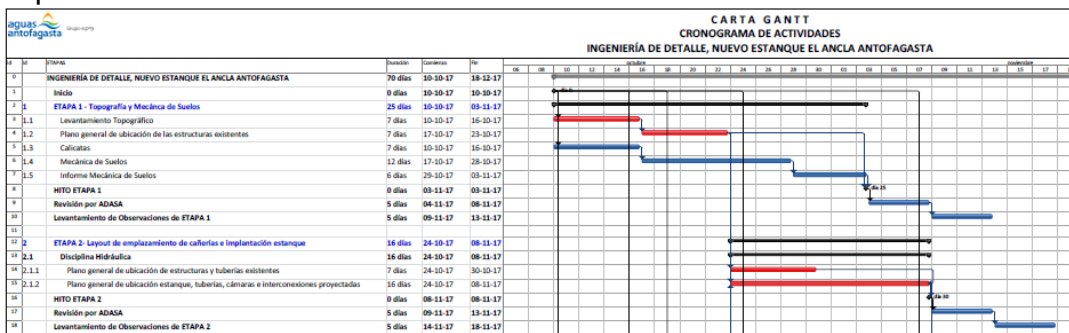
2. Descripción focos plan



3. Descripción proyectos de ingeniería



4. Ejemplo Planificación



5. Ejemplo Contrato

DECIMOQUINTO: MULTAS

Las multas se aplicarán administrativamente, sin forma de juicio y se descontarán del estado de pago correspondiente al mes en que se cometa la infracción o en los siguientes, según lo determine el supervisor del contrato, y en última instancia, de la boleta de garantía.

Tales sanciones serán informadas a través de los canales establecidos para tal efecto y la EPS tendrá un plazo de 48 horas para efectuar los descargos correspondientes. Este plazo es a contar del día hábil siguiente en que se efectuó la notificación vía correo electrónico.

Para el presente contrato se aplicarán las siguientes multas en Pesos, % ó en U.F., cuyo valor será el del día en que se registró el incidente o anotación en el Libro de Obra:

a) **Por atraso en inicio de las obras:** Por cada día de atraso en materializar el inicio del servicio, se aplicará una multa del 1% del costo total del servicio. Esta multa será deducida del primer Estado de Pago.

b) **Por cada día de atraso del cumplimiento de los hitos indicados en los términos de referencia:** Será obligación de la EPS cumplir durante la ejecución de las obras, con los plazos parciales estipulados en el "Programa de Trabajo" correspondiente. El incumplimiento dará derecho aplicar por cada día de atraso en el cumplimiento de los hitos una multa del 0,5% sobre el monto total de la parcialidad atrasada.

6. Ejemplo Presupuesto

24	Especificaciones técnicas para tableros de control	N°	1	\$ 791.905	\$ 791.905
25	Especificación técnica PLC	N°	1	\$ 791.905	\$ 791.905
26	Hoja de datos del actuador, flujómetros y sensores de nivel	N°	3	\$ 465.600	\$ 1.396.800
27	Listado de Entradas/Salidas	N°	1	\$ 531.729	\$ 531.729
28	Diagrama de lazo de control	N°	1	\$ 311.629	\$ 311.629
29	Plano de detalle de conexión de instrumentación	N°	1	\$ 421.497	\$ 421.497
30	Plano de control por PLC	N°	1	\$ 421.497	\$ 421.497
31	Informe estándar de telemetría ADASA	N°	1	\$ 1.191.855	\$ 1.191.855
32	Bases Técnicas para construcción y montaje	N°	1	\$ 1.369.634	\$ 1.369.634
33	Presupuesto de estimado suministro, construcción y montaje	N°	1	\$ 1.155.610	\$ 1.155.610
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 37.154.456
34	Gastos Generales	GL	1	\$ 3.710.864	\$ 3.710.864
35	Utilidades	GL	1	\$ 2.597.606	\$ 2.597.606
COSTOS INDIRECTOS					\$ 6.308.470
					NETO \$ 43.462.926
					IVA \$ -
					TOTAL \$ 43.462.926

7. Nómina personas, una persona asignada a un proyecto

Apellido	Nombre	Título	Proyecto Asignado
Araya	Eliseo Carlos	Constructor Civil	AIF Hospital Alto Hospicio
Camus	Reynaldo Eduardo	Constructor Civil	AIF Hospital Alto Hospicio
Díaz	Jorge Antonio	Ingeniero Mecánico	AIF Hospital Alto Hospicio
Gaete	Fernando Andrés	Técnico Universitario en Construcción	AIF Hospital Alto Hospicio
Gahona	Jorge Andrés	Ingeniero Constructor	AIF Hospital Alto Hospicio
Leiva	Juan Pablo	Constructor Civil Mención Edificación	AIF Hospital Alto Hospicio
Morales	Emilio Eduardo	Técnico de Nivel Superior en Topografía	AIF Hospital Alto Hospicio
Oyarzún	José Eleuterio	Ingeniero de Ejecución en Mecánica	AIF Hospital Alto Hospicio
Tarud	Hugo Patricio	Ingeniero Civil Electricista	AIF Hospital Alto Hospicio
Vallejos	Luis Antonio	Arquitecto	AIF Hospital Alto Hospicio
Zúñiga	Sergio Hipolito	Constructor Civil	AIF Hospital Alto Hospicio

8. Informe Resultados por Proyectos enero a diciembre 2018

Proyecto	Ingreso	Costo Contable	Costo Gestión	Gasto Of. Central	Distribucion Costos GIF-0	Resultado Operacional 2018
ING Proyectos Varios	\$ 37.282.893	\$ -37.387.666	\$ -3.045.174	\$ -3.000.105	\$ -12.991.872	\$ -19.141.924
ING Apoyo Proyectos L	\$ -	\$ -405.994	\$ -170.000	\$ -32.578	\$ -141.079	\$ -749.651
ING Servicio de Ingenie	\$ -	\$ -111.200	\$ -	\$ -8.923	\$ -38.641	\$ -158.764
ING Ingeniería Asensor	\$ 5.244.737	\$ -50.460	\$ -	\$ -4.049	\$ -17.534	\$ 5.172.694
ING Estudio y Monitore	\$ 59.914.219	\$ -34.870	\$ -	\$ -2.798	\$ -12.117	\$ 59.864.434
ING Ingeniería Básica C	\$ 85.568.508	\$ -27.058.341	\$ -	\$ -2.171.247	\$ -9.402.526	\$ 46.936.394
ING Ingeniería Oleoduc	\$ 10.633.377	\$ -11.406.980	\$ -311.826	\$ -915.332	\$ -3.963.821	\$ -5.964.582
ING Ingeniería Detalle	\$ 13.011.373	\$ -9.252.811	\$ -18.590	\$ -742.475	\$ -3.215.267	\$ -217.770
ING Impulsión Desalada	\$ 29.538.824	\$ -17.939.476	\$ -650.000	\$ -1.439.520	\$ -6.233.804	\$ 3.276.024
ING Aducción Lequeña	\$ 20.320.842	\$ -1.730.238	\$ -	\$ -138.840	\$ -601.242	\$ 17.850.522
ING Ingeniería Básica N	\$ 49.236.362	\$ -14.196.145	\$ -880.000	\$ -1.139.144	\$ -4.933.031	\$ 28.088.043
ING Planta Desaladora	\$ 126.686.319	\$ -309.011.009	\$ -2.212.538	\$ -24.796.023	\$ -107.378.502	\$ -316.711.753
ING Evaluación Estructu	\$ 26.297.782	\$ -11.063.327	\$ -60.000	\$ -887.756	\$ -3.844.405	\$ 10.442.294
ING Modificación LAT y	\$ 86.473.949	\$ -34.415.702	\$ -270.000	\$ -2.761.625	\$ -11.959.142	\$ 37.067.480
ING Servicio de Ingenie	\$ 278.338.612	\$ -513.999.315	\$ -5.983.189	\$ -41.244.935	\$ -178.610.065	\$ -461.498.892
ING Ingeniería Habilita	\$ 149.555.215	\$ -43.490.606	\$ -448.251	\$ -3.489.824	\$ -15.112.588	\$ 87.013.946
ING Ingeniería Eléctrica	\$ 83.259.682	\$ -59.132.084	\$ -3.939.155	\$ -4.744.946	\$ -20.547.859	\$ -5.104.362

9. Fórmulas Modelo EVM y EDM propuesto por Khamooshi:

Formula	Description	Measure	Level	Equation number
$CV = EV - AC$	Eamed Value, Cost Variance		Micro/macro	(1)
$SV = EV - PV$	Eamed Value, Schedule Variance		Micro/macro	(2)
$CPI = \frac{EV}{AC}$	Eamed Value, Cost Performance Index		Micro/macro	(3)
$SPI = \frac{EV}{PV}$	Eamed Value, Schedule Performance Index		Micro/macro	(4)
Find t such that $EV \geq PV_t$ and $EV < PV_{t+1}$ (calendar unit)	Eamed Schedule		Micro/macro	(5)
$ES(t) = t + \frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t} \bar{n}_1$ (calendar unit)				
$SPI(t) = \frac{ES(t)}{AD}$	Eamed Schedule, Schedule Performance Index		Micro/macro	(6)
$CSI = SPI \times CPI$	Cost-Schedule Index		Micro/macro	(7)
$API_i = \frac{AD_i}{AD_i + EDTC_i}$	Activity Progress Index, for activity i		Micro	(8)
$ED_i = BPD_i \times API_i$	Eamed Duration of scheduled activity i		Micro	(9)
$TPD = \sum_{i=1}^n PD_i$	Total Planned Duration		Macro	(10)

Formula	Description	Measure	Level	Equation number
$TED = \sum_{i=1}^n ED_i$	Total Eamed Duration		Macro	(11)
Find t such that $TED \geq TPD_t$ and $TED < TPD_{t+1}$ (calendar unit)	Eamed Duration		Macro	(12)
$ED(t) = t + \frac{TED - TPD_t}{TPD_{t+1} - TPD_t} \times 1$ (calendar unit)				
$TAD = \sum_{i=1}^n AD_i$	Total Actual Duration		Macro	(13)
$PV = \sum_{i=1}^n PV_i$	Planned Value (an EVM terminology)		Macro	(14)
$EV = \sum_{i=1}^n EV_i$	Eamed Value (an EVM terminology)		Macro	(15)
$AC = \sum_{i=1}^n AC_i$	Actual Cost (an EVM terminology)		Macro	(16)
$DPI_i = \frac{ED_i}{AD_i}$	Duration Performance Index, for activity i	Progress and performance measures	Micro	(17)
$EDI_i = \frac{ED_i}{PD_i}$	Eamed Duration Index, for activity i	Progress and performance measures	Micro	(18)
$SPI_i = \frac{EV_i}{PV_i}$	Schedule Performance Index, for activity i	Progress and performance measures	Micro	(19)
$CPI_i = \frac{EV_i}{AC_i}$	Cost Performance Index, for activity i	Progress and performance measures	Micro	(20)
$PPI = \frac{ED(t)}{BPD}$	Project Progress Index	Progress and performance measures	Macro	(21)
$DPI = \frac{ED(t)}{AD}$	Duration Performance Index, for project	Progress and performance measures	Macro	(22)
$EDI = \frac{TED}{TPD}$	Eamed Duration Index, for project	Progress and performance measures	Macro	(23)
$CPI = \frac{EV}{AC}$	Cost Performance Index, for project (an EVM terminology)	Progress and performance measures	Macro	(24)
$EDAC = \frac{BPD}{DPI_r}$	Estimated Duration at Completion	Progress and performance measures	Macro	(25)
$EDAC = \frac{AD}{PPI}$	Estimated Duration at Completion	Progress and performance measures	Macro	(26)
$EDTC = \frac{BPD}{DPI_r} - AD = \frac{ADn(1-PPI)}{PPI}$	Estimated Duration To Complete, for project	Progress and performance measures	Macro	(27)
$DV_i = ED_i - PD_i$	Duration Variance for activity i	Progress and performance measures	Micro	(28)

$$TDV = TED - TPD$$

$$DV = ED(t) - AD$$

$$CV_i = EV_i - PV_i$$

$$CV = EV - PV$$

$$DEI_i = \frac{BPD_i}{AD_i}$$

$$CEI_i = \frac{BPV_i}{AC_i}$$

$$DEI = \frac{\sum_{i=1}^m DEI_i}{m}$$

$$DEI = \frac{\sum_{i=1}^m (w_i DEI_i)}{m}$$

$$CEI = \frac{\sum_{i=1}^m CEI_i}{m}$$

$$CEI = \frac{\sum_{i=1}^m (w_i CEI_i)}{m}$$

Total Duration Variance for Project Progress and performance Macro (29)

Duration Variance for Project Progress and performance Macro (30)

Cost Variance for activity i Progress and performance Micro (31)

Cost Variance for project Progress and performance Macro (32)

Duration Estimation Index of activity i Duration and cost Micro (33)

Cost Estimation Index of activity i Duration and cost Micro (34)

Duration Estimation Index for project Duration and cost Macro (35)

Duration Estimation Index for project (weighted) Duration and cost Macro (36)

Cost Estimation Index for project Duration and cost Macro (37)

Cost Estimation Index for project (weighted) Duration and cost Macro (38)

Progress and performance measures

Progress and performance measures

Progress and performance measures

Progress and performance measures

Duration and cost estimation performance measures

Duration and cost estimation performance measures

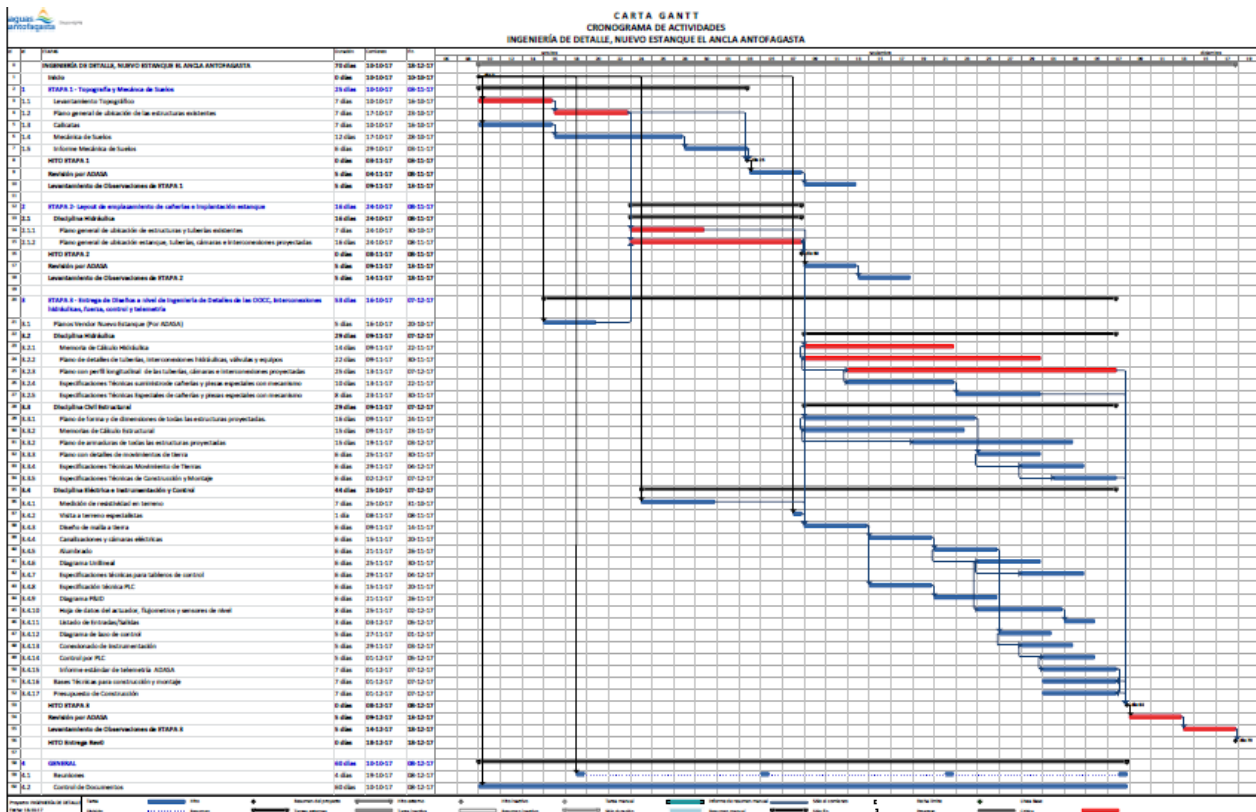
Duration and cost estimation performance measures

Duration and cost estimation performance measures

Duration and cost estimation performance measures

Duration and cost estimation performance measures

10. Planificación Proyecto Ingeniería de Detalle Nuevo Estanque El Ancla:



11. Proceso de Reclutamiento de la Gerencia de Ingeniería

