

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

**FORTALECIMIENTO DE LA TOMA DE DECISIONES EN LA  
ASIGNACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE COMPRAS EN METRO S.A.**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN  
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN**

**JOSE MARCELO GONZÁLEZ URIBE**

**PROFESOR GUÍA:  
ENRIQUE BRAVO CASTRO**

**MIEMBROS DE LA COMISION:  
EZEQUIEL MUÑOZ KRSULOVIC  
MÓNICA CORTES HIDALGO**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2020**

## RESUMEN

Tradicionalmente la gestión de compras es vista como una actividad que busca aportar con la adquisición de bienes y servicios a los mejores precios, con la calidad exigida y en el tiempo requerido. En metro S.A. esto no es una excepción, el proceso de compra es una parte estratégica tanto para la construcción, como así también de la operación del sistema.

El proceso de compra en la compañía se divide en tres grandes etapas: La necesidad del requerimiento, la gestión de compra y el pago. Siendo la gestión de compras compuesta por la asignación y la definición de la estrategia de compra.

La estrategia de compra se refiere a si será un proceso de cotización privada, compra directa, licitación, entre otros. En la gestión de compras propiamente tal, entra a regir el Manual de Adquisiciones Corporativas (MAC) el cual contiene la normativa que establece como regla general dos tipos de compra: la centralizada y la descentralizada. La compra "Descentralizada", se refiere al proceso de compra que se ejecuta directamente por un área usuaria. La compra "Centralizada", se refiere al proceso de compra que se ejecuta cuando un área usuaria acude a la gerencia de abastecimiento, para que realice el proceso de compra.

Por el lado de la asignación, se refiere a determinar (o identificar) quién será el gestor de comprar que definirá y llevará la a cabo la estrategia. Hoy este proceso se efectúa de manera manual, bajo criterios personalizados y con baja explotación de la data histórica. Lo anterior, trae consigo una serie de problemáticas, tales como: desequilibrios en la carga de trabajo, reprocesos, costos en HH dedicadas a la asignación, etc. Todos estos impactos afectan de una u otra manera a los resultados de la ejecución de la compra.

El proyecto busca mejorar la eficiencia de la de la asignación de compra. De tal forma de contar con un proceso de asignación de requerimientos integrado, estandarizado y con el conocimiento específico. La solución se aplicará para todas las compras centralizadas de bienes de la empresa. Desde la etapa de recepción de las solicitudes de pedido (SolPed) hasta la identificación y la asignación de esta al gestor de compra.

La propuesta se solución se basa en un sistema experto, que será capaz de adquirir el conocimiento del experto del negocio e incorporando nuevos conocimientos. Buscando disminuir los costos de HH y mejorando los niveles de integración entre procesos.

**Palabras Claves:** proceso de compras, asignación de compras, metro de Santiago.

## DEDICATORIA

A mis hijos Mauricio y Marcel, a mi esposa Yeneisy y a mis padres Ana y Juan Carlos por ser fuentes de motivación e inspiración en este largo proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, la fortaleza y la oportunidad de hacer frente a los distintos desafíos que me ha tocado enfrentar.

A mis hijos Mauricio y Marcel González Hernández por darme la fuerza y motivación.

A mi esposa Yeneisy Hernández Torres por todo apoyo, paciencia, tolerancia y amor.

A mis padres Ana María Uribe Muñoz y Juan Carlos González Alvarado por su amor eterno y su incondicionalidad.

A mi tutor Enrique Bravo, por la paciencia y la dedicación.

Al personal de Metro S.A. por su tiempo, y ayuda desinteresada.

A mis compañeros y amigos del MBE por su colaboración e ideas en distintas circunstancias del proyecto.

A Laura Sáez y Ana María Valenzuela, por su motivación, orientación y disposición para ayudar.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación de Investigación / Proyecto	1
1.2. Problema de Investigación / Proyecto	5
1.3. Objetivos de la Investigación / Proyecto	7
1.4. Justificación y Relevancia de la Investigación / Proyecto	8
1.4.1. <i>Justificación</i>	8
1.4.2. <i>Relevancia</i>	9
1.5. Alcance	10
1.6. Solución Propuesta	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Metodología de Ingeniería de Negocios	12
2.1.1. <i>Arquitectura de Procesos de Negocios</i>	13
2.2. Revisión de Literatura Relevante	16
2.2.1. <i>Definición de conocimiento</i>	16
2.2.2. <i>Inteligencia Artificial</i>	17
2.2.3. <i>Sistemas Basados en Conocimientos (SBC)</i>	18
2.2.4. <i>Ingeniería del Conocimiento</i>	19
2.2.5. <i>Sistemas Expertos</i>	19
2.2.6. <i>Estructura de los Sistemas Expertos</i>	24
2.2.7. <i>Sistema Experto Basado en Reglas (SBR)</i>	26
2.2.8. <i>Lenguajes</i>	27
2.2.9. <i>Shell</i>	28
2.2.10. <i>Exsys Corvid</i>	28
2.2.11. <i>Algoritmos</i>	29
2.2.12. <i>Árboles de Decisión</i>	31
CAPÍTULO 3: INVESTIGACIÓN / PROYECTO	33
3.1. Acerca de la Institución	33
3.1.1. <i>Antecedentes de la Industria</i>	33
3.1.2. <i>Descripción General de la Empresa</i>	34
3.1.3. <i>Levantamiento de la Situación Actual</i>	36
3.1.4. <i>Posicionamiento Estratégico</i>	41
3.1.5. <i>Balanced Scorecard</i>	43
3.1.6. <i>Modelo de Negocios</i>	45
3.2. Diagnóstico de la Situación Actual	47
3.2.1. <i>Problemas Identificados</i>	47
3.2.2. <i>Análisis de los datos</i>	50
3.2.3. <i>Generación de Alternativas</i>	62
3.2.4. <i>Evaluación de Alternativas</i>	63
3.2.5. <i>Dirección de Cambio y Alcance</i>	63
3.3. Propuesta de Solución	64
3.3.1. <i>Arquitectura de procesos</i>	64
3.3.2. <i>BPMN Rediseño del proceso de Asignación de Req. de Compra</i>	68
3.3.3. <i>Diseño de la solución</i>	68
3.4. Plan de Implementación y Acción	77

3.4.1.	<i>Propósito de la solución.</i>	77
3.4.2.	<i>Supuestos y Restricciones</i>	77
3.4.3.	<i>Riesgos Involucrados:</i>	78
3.4.4.	<i>Descripción de la solución a implementar.</i>	79
3.4.5.	<i>Principales tareas para desarrollar.</i>	82
3.4.6.	<i>Impacto de la implementación</i>	82
3.4.7.	<i>Plan de Gestión del Cambio</i>	83
3.4.7.1.	Contexto Organizacional	83
3.4.7.2.	Contexto del Cambio en la Gerencia de Mantenimiento	84
3.4.7.3.	Contexto del Cambio en la Subgerencia de Abastecimiento	84
3.4.8.	<i>Modelo para la Gestión del Cambio</i>	85
3.4.8.1.	Liderazgo del proyecto de cambio	86
3.4.8.2.	Estrategia y sentido del proceso de cambio	86
3.4.8.3.	Cambio y conservación	87
3.4.8.4.	Gestión de los estados de Ánimo	87
3.4.8.5.	Plan de comunicaciones	87
3.4.8.6.	Desarrollo de las habilidades	88
3.4.8.7.	Gestión del poder	88
3.4.8.8.	Alerta y conciencia del proceso.	88
3.4.8.9.	Evaluación y cierre	88
	CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	90
	CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFIA	92
	CAPÍTULO 6: ANEXOS	97
6.1.	Anexo A	97
6.1.1.	<i>Lógica Proposicional</i>	97
6.1.2.	<i>Lógica de Predicados</i>	97
6.1.3.	<i>Reglas de Producción</i>	97
6.1.4.	<i>Redes Asociativas</i>	98
6.1.5.	<i>Estructuras Frame</i>	98
6.1.6.	<i>Representación Orientada a Objetos</i>	98
6.2.	Anexo B	99
6.2.1.	<i>Por la Forma de Almacenar el Conocimiento</i>	99
6.2.2.	<i>Por la Naturaleza de Hacer las Cosas</i>	100
6.2.3.	<i>Por la Interacción del Usuario</i>	100
6.2.4.	<i>Por la Variabilidad Temporal del Conocimiento</i>	100
6.2.5.	<i>Por la Limitación de Tiempo para Tomar Decisiones</i>	100
6.2.6.	<i>Por la Naturaleza del Conocimiento Almacenado</i>	101
6.2.7.	<i>Por la Certeza de la Información</i>	101
6.3.	Anexo C	101
6.3.1.	<i>Algoritmos para toma de decisiones multicriterio (MCDM)</i>	101
6.3.2.	<i>Algoritmos Inteligentes</i>	103
6.3.3.	<i>Técnicas de aprendizaje autónomo</i>	104
6.3.4.	<i>Funciones de decisión</i>	106
6.3.5.	<i>Estadísticos</i>	106

## Índice de tablas

Tabla 1. Proyectos y lineamientos estratégicos	2
Tabla 2. Compras nacionales y extranjeras	3
Tabla 3. Cantidad de contratos	4
Tabla 4. Diferencias entre un experto y un no experto humano.	20
Tabla 5. Diferencias entre un Sistema Experto y un experto humano.	21
Tabla 6. Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional	21
Tabla 7. Cumplimiento de mantenimiento por año.	51
Tabla 8. Distribución de averías 2017/2018	52
Tabla 9. Distribución de averías por año y por línea.	52
Tabla 10. Clasificación de los elementos.	53
Tabla 11. Presupuesto de los elementos.	55
Tabla 12. Montos mínimos por elemento.	56
Tabla 13. Valorización del plan de necesidades.	57
Tabla 14. Distribución de los procesos de compras actuales.	59
Tabla 15. Distribución de los procesos activos por área y gestor de compra.	59
Tabla 16. Distribución de los procesos activos por gestor de compra.	59
Tabla 17. Distribución de los procesos activos por área de compras.	61
Tabla 18. Dirección cambio y alcance.	63
Tabla 19. Modelo de asignación	70
Tabla 20. Reglas de la solución propuesta.	74
Tabla 21. Riesgos del proyecto.	79

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema general de adquisición	3
Ilustración 2. Compras nacionales y extranjeras	4
Ilustración 3. Contratos versus empresas	4
Ilustración 4. Impactos de la problemática	6
Ilustración 5. Relación de la continuidad operativa trenes versus compras	9
Ilustración 6. Esquema general de un sistema experto	11
Ilustración 7. Metodología de ingeniería de negocios	13
Ilustración 8. Macroprocesos	15
Ilustración 9. Tipos de arquitectura.	16
Ilustración 12. Arquitectura general de sistema experto basado en reglas.	26
Ilustración 13. Clasificación de algoritmos	31
Ilustración 14. Ejemplo árbol de decisión	32
Ilustración 15. Estructura organizacional metro s.a.	35
Ilustración 16. Macroprocesos metro s.a.	37
Ilustración 17. Instanciación macroproceso recursos habilitadores metro s.a.	38
Ilustración 18. Instanciación macroproceso obtener bienes y servicios metro s.a.	39
Ilustración 19. Modelo del proceso de asignación de compras de compras centralizadas.	40
Ilustración 20. Posicionamiento estratégico metro S.A.	42
Ilustración 21. Plan estratégico metro 2020	44
Ilustración 22. Modelos de negocios metro s.a.	46
Ilustración 24. Distribución porcentual de los elementos	54
Ilustración 25. Distribución porcentual del presupuesto.	55
Ilustración 26. Distribución porcentual mínima por elemento.	56
Ilustración 27. Distribución porcentual de compras y su tipo.	57
Ilustración 28. Carga unitaria por gestor de compra.	59
Ilustración 29. Carga ponderada por gestor de compra.	60
Ilustración 30. Adherencia al cronograma por gestor de compra.	60
Ilustración 31. Procesos con atrasos por gestor de compra.	60
Ilustración 32. Carga unitaria por área.	61
Ilustración 33. Carga ponderada por área.	61
Ilustración 34. Adherencia al cronograma por área.	62
Ilustración 35. Procesos con atrasos por área.	62
Ilustración 36. Macroprocesos metro s.a.	64
Ilustración 37. Instanciación del macroproceso 1 de operación de transporte.	65
Ilustración 38. Instanciación del Macroproceso de administración con proveedores / contratistas.	66
Ilustración 39. Instanciación del proceso de planificación de compras y decisión del proveedor.	67
Ilustración 40. BPMN del re-diseño de proceso de asignación de compras.	68
Ilustración 41. Árbol de asignación de compras.	73
Ilustración 42: Forma en la trabaja el encadenamiento hacia adelante.	77
Ilustración 43. Modelo Vista Controlador	81
Ilustración 44. Diagrama de implementación	81



# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Motivación de Investigación / Proyecto

Desde 2007, el sistema de transporte público de la ciudad de Santiago integra física y tarifariamente a la totalidad de los buses de transporte público urbano de la ciudad, operados por empresas privadas, al Metro de Santiago, y al sistema Metro Tren Nos, a través de un único medio de acceso electrónico: la Tarjeta bip!.

En el caso de la ciudad de Santiago, el sistema de transporte se inserta en un área de 2.353 km<sup>2</sup>, que abarca las 32 comunas de la provincia de Santiago más las comunas de San Bernardo y Puente Alto (“Gran Santiago”), y opera en las zonas urbanas de estas comunas cubriendo un área cercana a los 680 km<sup>2</sup>.

De acuerdo, al reporte de sostenibilidad de metro 2018, ese año la afluencia de pasajeros en la red de metro alcanzó a 721 millones, siendo un 3,5% más que el año pasado. De ellos, un 30,9% realizó viajes en horario punta y un 69,1% en horario valle. En la actualidad, Metro participa en más de un 60% de todos los viajes del transporte público de Santiago.

Con tal afluencia de pasajeros, metro se encuentra inmerso en una gran cantidad de riesgos. Tanto asociados al mercado, como al negocio mismo y para ello ha creado distintas instancias que buscan minimizar estos riesgos y disminuir sus efectos.

Dentro de los riesgos principales, destacan 12:

- Averías o fallas con consecuencias graves para las personas y/o en la operación.
- Fenómenos de la naturaleza u otros que genere interrupción de la operación total o parcial.
- Paralizaciones de personal operativo crítico para la operación de Metro
- Atentados terroristas.
- Proyectos de Expansión en plazos, costo y alcance inicial.
- Aprobaciones para el desarrollo de proyectos.
- Diseño de los procesos y proyectos con buenas prácticas socio ambientales
- Financiamiento para proyectos de inversión.
- Cambios en normativas o políticas gubernamentales.
  - Ingresos y cobertura de costos operacionales.
  - Accidentes laborales significativos.

- Pérdida de información y know how.

Varios de los riesgos principales, se encuentran incorporados en el plan de desarrollo metro 2018-2022, que guiará la planificación y ejecución de los futuros proyectos de la empresa.

Los proyectos y sus lineamientos estratégicos a continuación:

*Tabla 1. Proyectos y lineamientos estratégicos*

Lineamiento Estratégico	Proyecto
Experiencia de Viaje	Plan de mejoramiento ante averías de alto impacto.
	Trenes NS16
Crecimiento	Plan de desarrollo metro fase II
	Línea 3
	L7
	Extensiones L2, L3
	Mejora en la gestión integral de proyectos
Sostenibilidad	Accesibilidad Universal
Personas	Programa Excelencia Metro
	Gestión Colaborativa

*Fuente: Reporte de sostenibilidad metro 2018*

De los lineamientos estratégicos destaca el crecimiento, ya que permite que la red satisfaga (entre otros) las demandas futuras de transporte. Es por ello que la cadena de abastecimiento se hace fundamental. Los proveedores y contratistas son actores estratégicos en el desarrollo eficiente de nuestras operaciones. Estas empresas participan mayoritariamente en el desarrollo, operación y mantenimiento de nuestros activos.

Por otro lado, el manual de adquisiciones corporativas (MAC) es el instrumento de gestión que rige el procedimiento de compra y, por tanto, da un marco formal para la participación de proveedores en la cadena de abastecimiento, mientras que la subgerencia de Abastecimiento de Metro es el área responsable de la gestión de adquisición de bienes y servicios.

A continuación, se muestra el esquema general de adquisición:



Ilustración 1. Esquema general de adquisición

Fuente: reporte de sostenibilidad metro 2018.

En términos de compra los gastos en proveedores en los años 2016, 2017 y 2018. Tanto para proveedores nacionales y extranjeros el promedio MM\$ 601.764 y MM\$ 156.141 respectivamente.

A continuación, se muestra la distribución por año:

Tabla 2. Compras nacionales y extranjeras

Tipo de Proveedor	2016	2017	2018
Nacional	670.830	541.863	592.600
Extranjero	150.547	188.895	128.983
Total	821.377	730.758	721.583

Fuente: reporte de sostenibilidad metro 2018

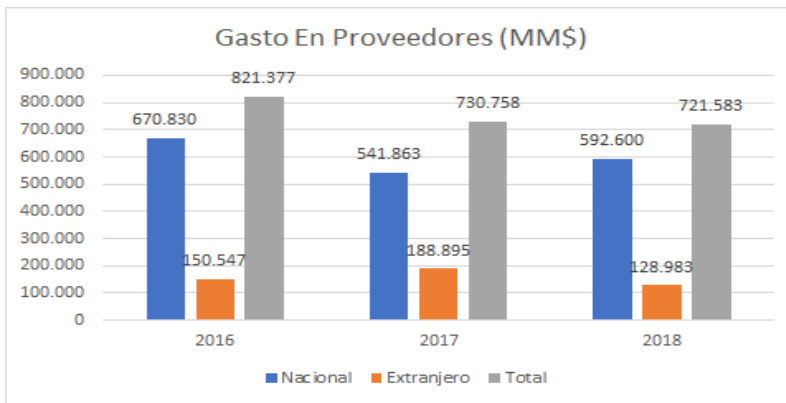


Ilustración 2. Compras nacionales y extranjeras

Fuente: elaboración propia

En números de contratos para los años 2016, 2017 y 2018. Se tiene que en promedio es de 94 contratos para la operación y 103 contratos para la expansión. Cabe destacar que sólo hacemos referencia a los contratos principales, que son aquellos que por monto u envergadura de la obra se califica de esa forma.

Tabla 3. Cantidad de contratos

Tipo	2016		2017		2018	
	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción
Número de Contratos	71	104	81	113	130	94
Número de empresas	53	77	62	81	91	68
N° de trabajadores	5907	6166	6908	5989	7791	4018

Fuente: reporte de sostenibilidad metro 2018

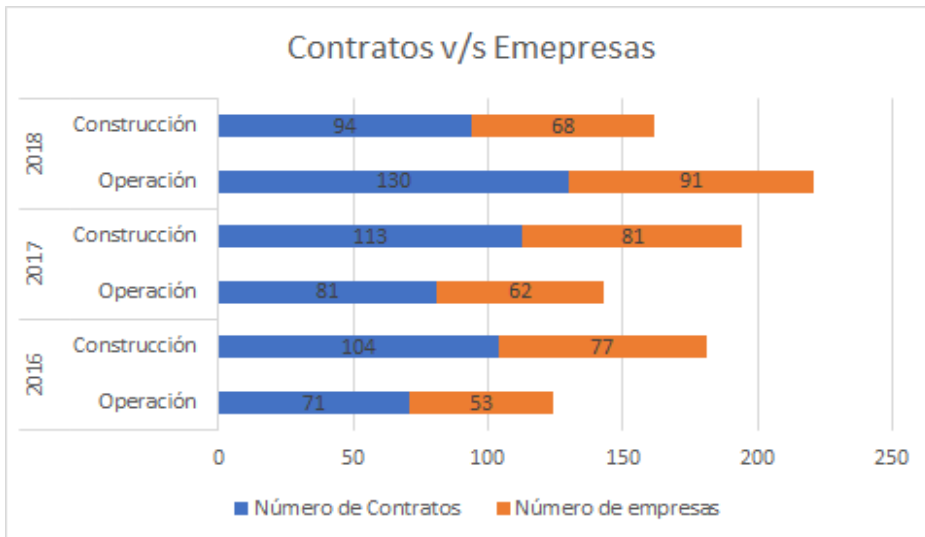


Ilustración 3. Contratos versus empresas

Fuente: elaboración propia

## 1.2. Problema de Investigación / Proyecto

La política de adquisiciones de Metro S.A. se rige mediante el Manual de Adquisiciones Corporativas (MAC), el cual contiene la normativa que gobierna los procedimientos de adquisiciones que realizan las distintas áreas de Metro S.A. Estableciéndose como regla general los siguientes tipos de compra:

- Compras Descentralizadas, y
- Compras Centralizadas.

La compra “Descentralizada”, se refiere al proceso de compra que se ejecuta directamente por un área usuaria. Esta forma de compra no se encuentra dentro del alcance de este proyecto.

La compra “Centralizada”, se refiere al proceso de compra que se ejecuta cuando un área usuaria acude a la Subgerencia de Abastecimiento, para que realice el proceso de compra desde la etapa de cotización hasta la adjudicación del servicio, incluyendo la suscripción del contrato y constitución de garantías. Esta forma de compra es parte integral del proyecto y representa un 80% aproximadamente de las compras totales en metro S.A.

El proceso se inicia luego de identificada la necesidad, entonces, el área usuaria elabora la solicitud de pedido (SOLPED) en el módulo MM de SAP (validada por el nivel jerárquico correspondiente), incorporando una completa descripción con sus características relevantes y especificaciones técnicas necesarias para iniciar el proceso de adquisición. Además, identificando la forma de la compra (descentralizada o centralizada).

Diariamente, el “Asignador de SOLPED” de la Subgerencia de Abastecimiento y Logística, revisa las SOLPED en el módulo MM de SAP, mediante la transacción ME5A.

El asignador de SOLPED revisa y considera aquellas compras que son centralizadas y que se encuentren liberadas (autorizadas). Posteriormente, valida que estas tengan los antecedentes correspondientes a la modalidad de compra. En el caso que la solicitud de compra se encuentre validada, entonces, procede “Asignar” la solicitud de pedido al gestor de comprar correspondiente. La asignación se establece a criterio del asignador lo que se traduce mediante conocimiento experto y que se expresa en la identificación de la organización de compra, la modalidad de la compra, en la cantidad que tiene asignada el comprador, en el monto de la adquisición, en la experiencia del comprador, entre otros.

Actualmente la Asignación está dada por los siguientes aspectos:

- Se efectúa de manera manual.

- Criterios de asignación no están estandarizada,
- Asignaciones son de acuerdo con la experiencia de quién asigna.
- Baja explotación de la data histórica.

Lo anterior, trae consigo diversos impactos, tales como:

- Desequilibrios en la carga de trabajo.
- Holgura en tiempos de inicio del proceso desde su asignación.
- Bajo agrupamiento de artículos. Por consecuencia asignaciones dobles para un mismo SKU.
- Costos en HH dedicadas a la asignación.
- Reprocesos debido a reasignaciones.
  - Baja adherencia al cronograma de compra.

Todos estos impactos afectan de alguna u otra forma, en los resultados de la ejecución de la compra. A continuación, se presenta un esquema de los impactos anteriores.

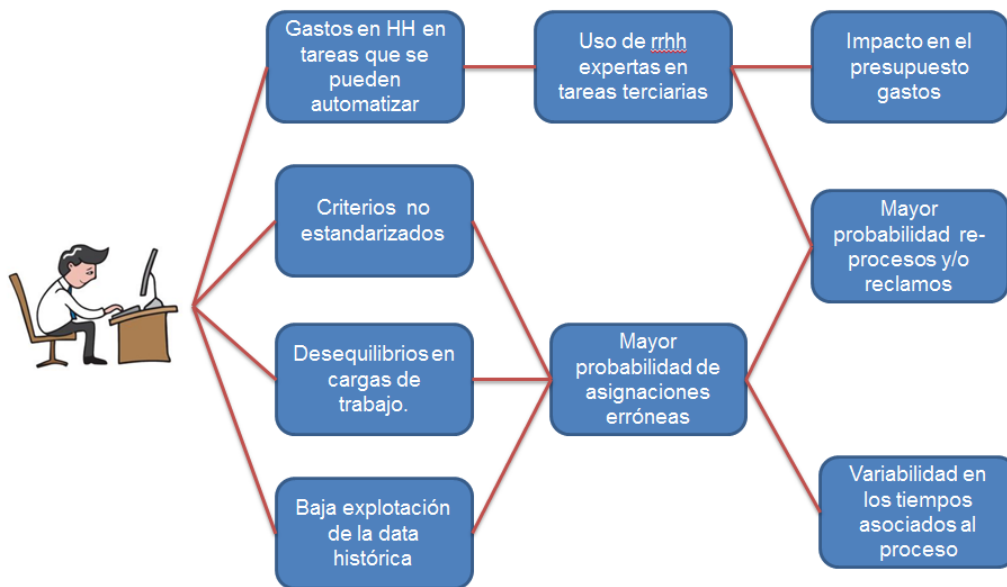


Ilustración 4. Impactos de la problemática

Fuente: elaboración propia

Si consideramos las magnitudes, sólo en enero de 2020 se han recibido 402 SOLPED centralizadas. En el año 2019 en total fueron 2.467 SOLPED Centralizadas con 7632 Posiciones, las que se traducen en 7632 asignaciones lo que representan USD 80 millones aproximadamente.

Ahora si consideramos la cantidad de materiales comprados en los últimos tres (3) años, donde cada material es una posición en una solicitud de pedido (SOLPED),

entonces, tenemos 7.942 SKU para el año 2017, 8353 SKU para el año 2018 y 7116 SKU para el año 2019.

Del total de SKU por año, tenemos que en promedio en el 11,71% de los casos se generaron más de una solicitud de pedido para cada SKU. Dentro del porcentaje anterior, en el 62,85% de los casos dos (2) o más solicitudes de pedido por cada SKU están asignadas a más de un comprador. Lo anterior significa que al menos dos personas distintas hacen las mismas gestiones, pero en tiempos distintos. Y si a eso le sumamos que en un 45,30% promedio de los 11,71% anteriores, los gestores de compras duplicaron esfuerzos al efectuar más de una licitación pública o licitación privada o compras directas o cotización, entonces, estamos diciendo que la empresa tiene un sobre costo de las compras por año (dado directamente por la asignación de solicitudes de pedido) que alcanza MM\$200.

Por otro lado, si consideramos la forma manual de asignar las compras, se tiene que la distribución de la carga laboral es susceptible de mejoras, ya que, si consideramos las asignaciones de los últimos 3 años para 10 Gestores de compra, tenemos el promedio es de 1.511 asignaciones por año, siendo la diferencia entre el primero y el último de 2.139 asignaciones. Así también, se tiene que de la información recabada, en promedio un 16% de las asignaciones se deben reasignar, por distintos motivos, tales como: presupuesto, alcance (cantidad y características), falta de documentación, entre otros. Lo que significar reprocesos y un costo para la empresa.

### **1.3. Objetivos de la Investigación / Proyecto**

#### **Objetivo General**

Re-diseñar el proceso de asignación de compras, de tal forma que mejore la eficiencia de la decisión de asignación.

#### **Objetivos Específicos**

- Modelar el proceso actual de asignación de compras centralizadas.
- Identificar las variables asociadas al proceso de asignación de compras.
- Crear las lógicas relacionadas con el proceso de la asignación de compras.
- Diseñar un sistema de apoyo tecnológico, de tal forma que permita asignar la compra para la continuidad operativa de la compañía.

## **1.4. Justificación y Relevancia de la Investigación / Proyecto**

### **1.4.1. Justificación**

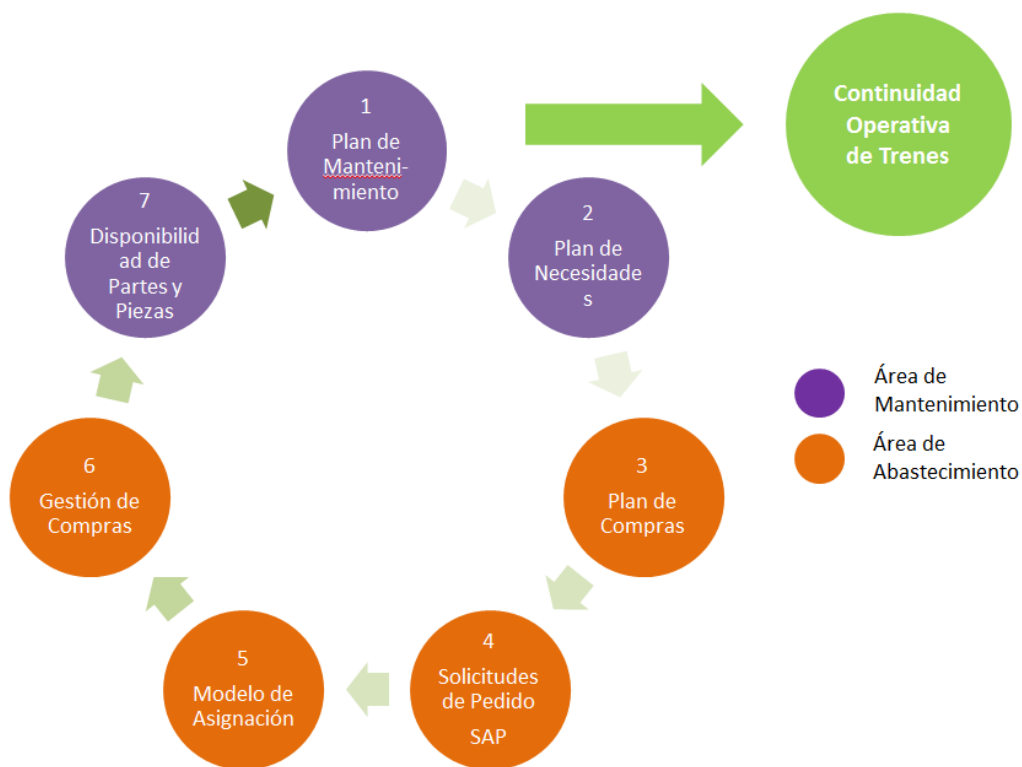
El optimizar los costos es una tarea fundamental para el área de Abastecimiento y Logística, particularmente en el proceso de compra. El adquirir lo que realmente se necesita y la cantidad que se necesita; parece una tarea trivial; pero en la compañía se transforma en una tarea extremadamente difícil. Son partes y piezas únicas, ya que ningún metro en el mundo es igual a otro. Desde el origen todo es a pedido, Metro les dice a los proveedores que se necesita y el proveedor construye y entrega el producto de acuerdo con esas especificaciones. Posteriormente, al momento de comprar, el área de mantenimiento establece el ¿Qué? y ¿Cuánto? comprar, lo que se traduce en el Plan de Necesidades. Posteriormente, el área de abastecimiento determina ¿Cuándo Comprar? y ayuda a indicar el ¿Cuánto Comprar?

Del contexto anterior, se puede comentar que el Plan de Necesidades, se elabora en base a la experiencia del personal, indicando las cantidades mínimas que se requieren de cada parte y pieza. Lo anterior, conlleva a tener entre otras cosas, una variabilidad en el stock y una variabilidad del presupuesto. Así también, las personas que deben comprar (denominadas gestores de compra), son seleccionadas de acuerdo con criterios personales, es decir, una persona en base a criterios no estandarizados asigna el requerimiento. Esta es una tarea fundamental, ya que asignar de una manera estandarizada permitirá criterios y objetividad, evitando reprocesos.

Por otro lado, durante el año 2018 el área de Contraloría de Metro S.A efectuó una serie de observaciones a la Subgerencia de Abastecimiento y Logística, entre las cuales está el poder integrar sistémicamente el proceso de Asignación al proceso de compra, de tal forma de permitir trazabilidad, mejorar los tiempos y disminuir los riesgos operacionales.

A continuación, se muestra un esquema de la relación de la continuidad operativa de los trenes con las compras.





*Ilustración 5. Relación de la continuidad operativa trenes versus compras*

*Fuente: elaboración propia*

### **1.4.2. Relevancia**

Las compras que realiza el área de abastecimiento y logística tienen un impacto significativo en el manejo financiero y operativo de toda empresa. El área de abastecimiento invierte el capital de la empresa para la operación y la expansión de esta.

Según Michael Porter, las empresas desempeñan un conjunto de actividades que generan valor al cliente final y a la empresa; en la cadena de valor se despliega el valor total de una compañía, lo que consiste en un conjunto de actividades estratégicamente relevantes que permiten entender el comportamiento de los costos y las fuentes existentes y potenciales de diferenciación, las cuales añaden valor y contribuyen al margen de ganancias de la empresa. (Porter, 1985). La cadena de valor se convierte en una herramienta de análisis estratégico de la empresa en el proceso de generación de valor y ventaja competitiva.

Para lograr su objeto económico las empresas realizan actividades organizadas de una manera específica. Siempre ha existido una determinada manera de

organización, que ha variado con el tiempo, ya sea consciente o inconscientemente. En la actualidad, para hacer referencia a la forma de organización de las empresas, resulta indispensable aludir al término de Cadena de Suministro (Richard Young, 2005).

### **1.5. Alcance**

El re-diseño del proceso deberá aplicar para todas las compras centralizadas de bienes de la empresa Metro S.A. Desde la etapa de recepción de las solicitudes de pedido hasta la identificación y asignación de la solicitud de pedido al gestor de compra.

Para fines académicos la tesis propone una solución a la problemática y un plan de implementación, pero no su realización, aunque en la práctica por compromiso del alumno tesista con la compañía, si se llevará a cabo.

### **1.6. Solución Propuesta**

La solución propuesta pasa por interferir y mejorar el proceso de compras. Esta solución se basará en un modelo, que permitirá identificar al gestor de compra que se encargará de comprar la parte y/o pieza que se requiere. Los resultados esperados son los que se detallan a continuación:

- Disminuir en un 20% los costos de HH en la tarea asignación de compras en un plazo de un año.
- Disminuir en un 10% la cantidad de asignaciones duplicadas mediante el agrupamiento de SKU en un plazo de un año.
- Disminuir 10% los costos de administrativos del proceso de compra por licitaciones públicas, privadas y directas en un plazo de un año.
- Mejorar los niveles de integración entre la planificación de mantenimiento y las compras.

La propuesta se basa en un sistema experto, que sea capaz de adquirir el conocimiento del experto del negocio e incorporar nuevos conocimientos. A continuación, se muestra un esquema general de solución con un sistema experto.

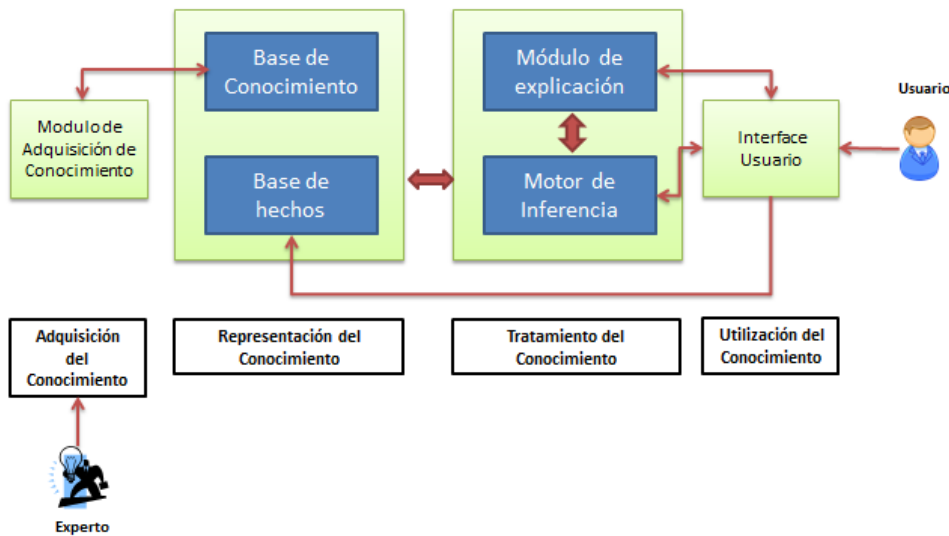


Ilustración 6. Esquema general de un sistema experto

Fuente: elaboración propia

El modelo deberá incorporar las definiciones, ponderaciones y criterios adecuados para la compra de partes y piezas y su gestor. La solución se traducirá en una propuesta que sea capaz de optimizar la compra y asignación de los requerimientos.

La solución contempla criterios de admisibilidad y de asignación.

Los criterios que se contemplan (y que son parte del proyecto):

- Admisibilidad:
  - Centralizada, y
  - Liberada.
- Asignación:
  - Tipo de compra.
  - Impacto sin ponderaciones.
  - Gestor de compra y
  - Competencia de compras.

Los criterios que se contemplan en una próxima etapa (y que no son parte del proyecto):

- Asignación:
  - Monto de la compra.
  - Estrategias de liberación.
  - Carga, y
  - Impacto con ponderaciones.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

En el capítulo siguiente se explica la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, la cual se basa en la del Magister en Ingeniería de Negocios con Tecnologías de la Información del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile (MBE).

### **2.1. Metodología de Ingeniería de Negocios**

La metodología para la realización de este proyecto es la que se imparte y estudia en el MBE y que se denomina Ingeniería de Negocios. Esta metodología está desarrollada en detalle en los libros “Ingeniería de Negocios” libro (Barros, 2009), “Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Aplicaciones TI” (Barros, 2010) y en la última publicación, “Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Instituciones” (Barros, 2013).

La metodología de Ingeniería de Negocios tiene como objetivo el proveer herramientas para el diseño formal de negocios. Este diseño involucra estrategia, modelos de negocios, arquitectura empresarial, procesos, analítica, sistemas de información, tecnología de software y hardware, con el objetivo de generar diseños de negocios detallados e integrados que estén alineados con los intereses de las partes interesadas (Barros, 2013). Todos los componentes del diseño son cuidadosamente integrados, obteniendo una visión sistémica de la organización, considerando las partes dentro de un todo y no de manera aislada.

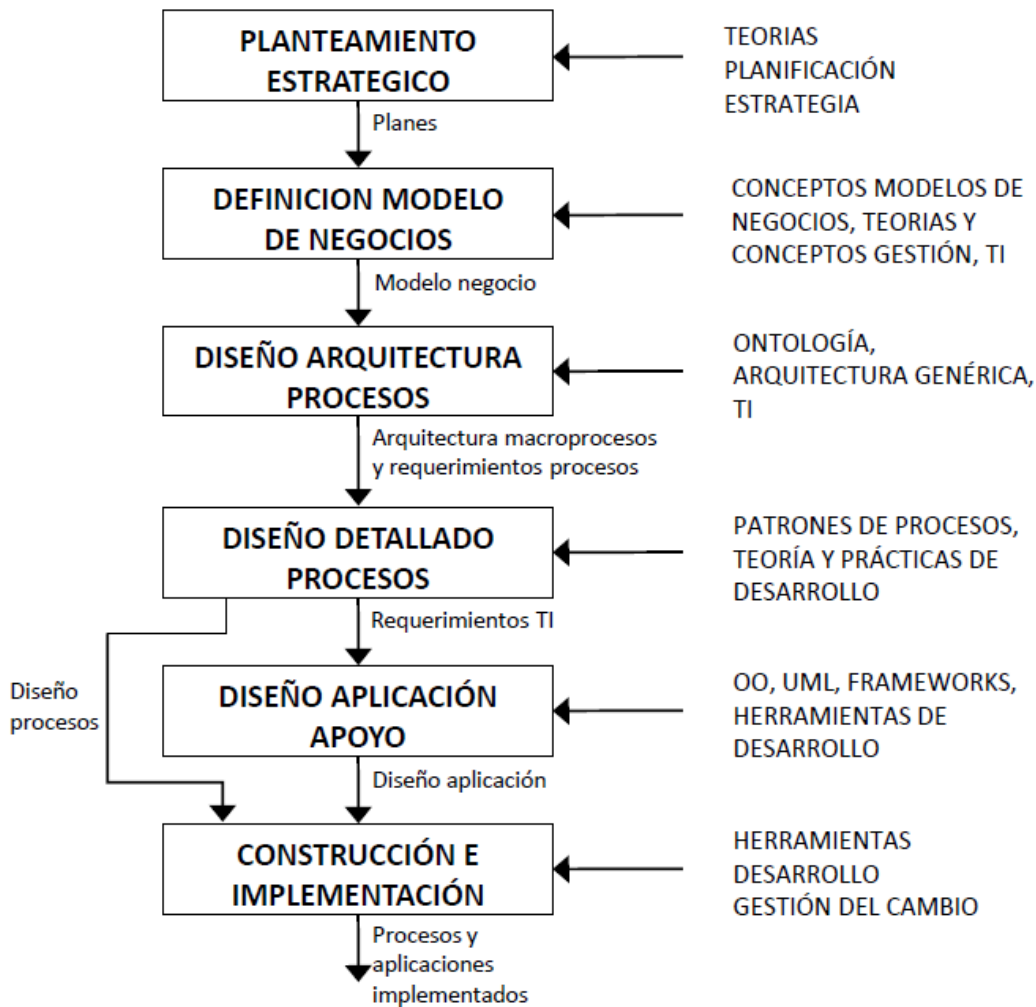


Ilustración 7. Metodología de ingeniería de negocios

Fuente: Barros, 2015.

Esta metodología se sustenta en modelos de referencia para un modelo de negocio en particular. A estos modelos de referencia se les denomina Patrones de Negocios (PN) y Patrones de Proceso de Negocio (PPN). Estos patrones han permitido identificar los procesos, las tareas y sus implicancias en la organización. Además, han facilitado las direcciones de cambio.

### 2.1.1. **Arquitectura de Procesos de Negocios**

La arquitectura de procesos establece los procesos necesarios para implementar las capacidades y el diseño que un negocio requiere. Dentro de esta arquitectura se explicitan las relaciones que coordinan los procesos, las lógicas de negocios (algoritmos heurísticos, modelos de minería de datos, modelos de optimización y,

en general, procedimientos y reglas) que automatizan o guían dichos procesos y su conexión con el soporte TI.

Para diseñar esta arquitectura se utilizan patrones que se basan en extensiva experiencia de diseño de procesos realizada en cientos de casos reales y comparten la idea que existen cuatro agrupaciones de procesos, llamados macroprocesos, que existen en cualquier organización, ellos son:

- **Cadena de Valor (Macro 1):** Conjunto de procesos que ejecutan la producción de bienes y/o servicios de la empresa u institución, el cual va desde que se interactúa con el cliente o usuario para generar requerimientos, hasta que estos han sido satisfechos.
- **Diseño de Nuevas Capacidades (Macro 2):** Conjunto de procesos que desarrollan las nuevas capacidades que la empresa requiere para ser competitiva: los nuevos productos y servicios, incluyendo modelos de negocios, que una empresa requiere para mantenerse vigente en el mercado. Este macroproceso se centra en la capacidad de innovación de la empresa.
- **Planificación del Negocio (Macro 3):** Conjunto de procesos que planifican el negocio, es decir, que definen el curso futuro de la organización en la forma de estrategias, que se materializan en planes y programas.
- **Recursos de Apoyo (Macro 4):** Conjunto de procesos de apoyo que manejan los recursos necesarios para que los anteriores operen. Existen cuatro grandes grupos: recursos financieros, humanos, infraestructura y materiales.

En la siguiente ilustración se muestra las relaciones genéricas entre estos macroprocesos.

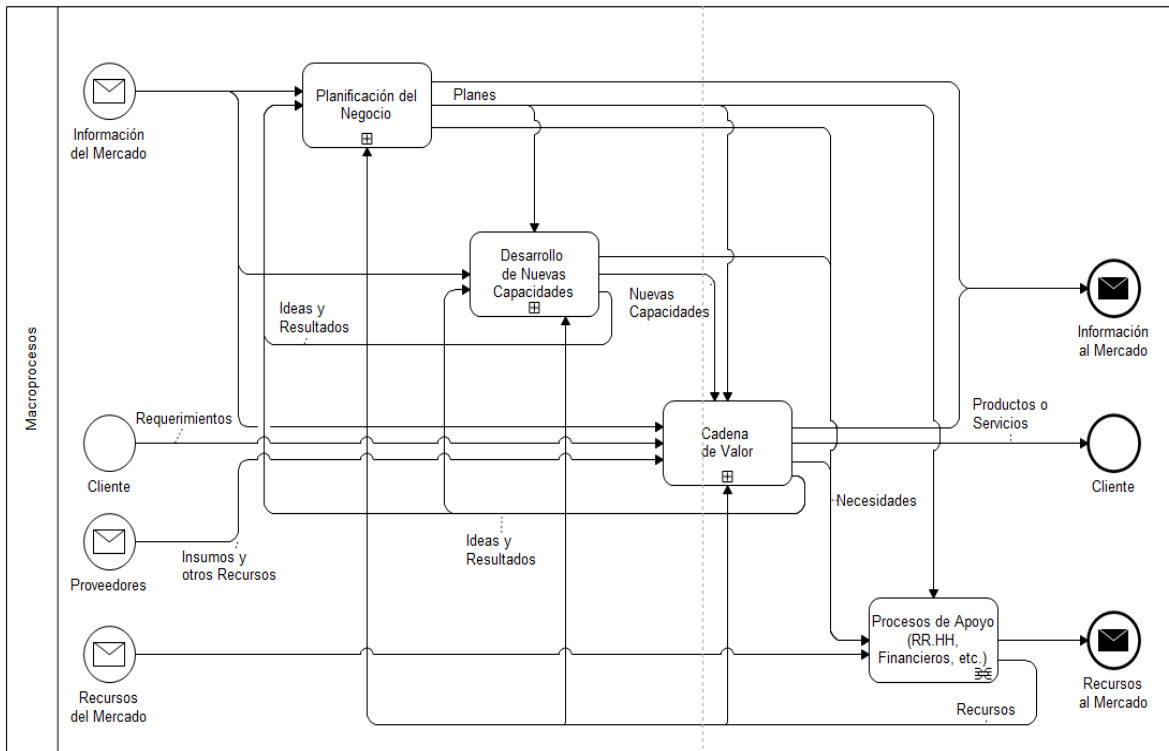


Ilustración 8. Macroprocesos

Fuente: Barros, 2015

De acuerdo con este enfoque, cualquier organización puede modelarse según estos cuatro macroprocesos, que entregan una estructura integrada y coherente para el buen funcionamiento de esta. Además, este marco conceptual permite identificar las relaciones entre los procesos, los flujos de información y los requerimientos entre ellos, que permiten una mejor gestión de la organización en su conjunto.

A continuación, se presentan las cuatro alternativas principales definidas en (Barros & Julio, Enterprise and Process Architecture Patterns, 2011).

- Negocios con sólo una cadena de valor del tipo macro 1.
- Negocios con varias cadenas de valor, cada una de las cuales opera independientemente. Esta se denomina Diversificación.
- Negocios que tienen varias cadenas de valor, las que operan de manera independiente, pero comparten ciertos servicios centrales. Se denomina Coordinación y Replicación. Negocios que tienen varias cadenas de valor, que comparten varios de sus servicios internos y que también comparten servicios centrales, recibe el nombre de Unificación.

- Negocios que tienen varias cadenas de valor, que comparten varios de sus servicios internos y que también comparten servicios centrales, recibe el nombre de Unificación.

En la siguiente ilustración se muestran lo descrito anteriormente.

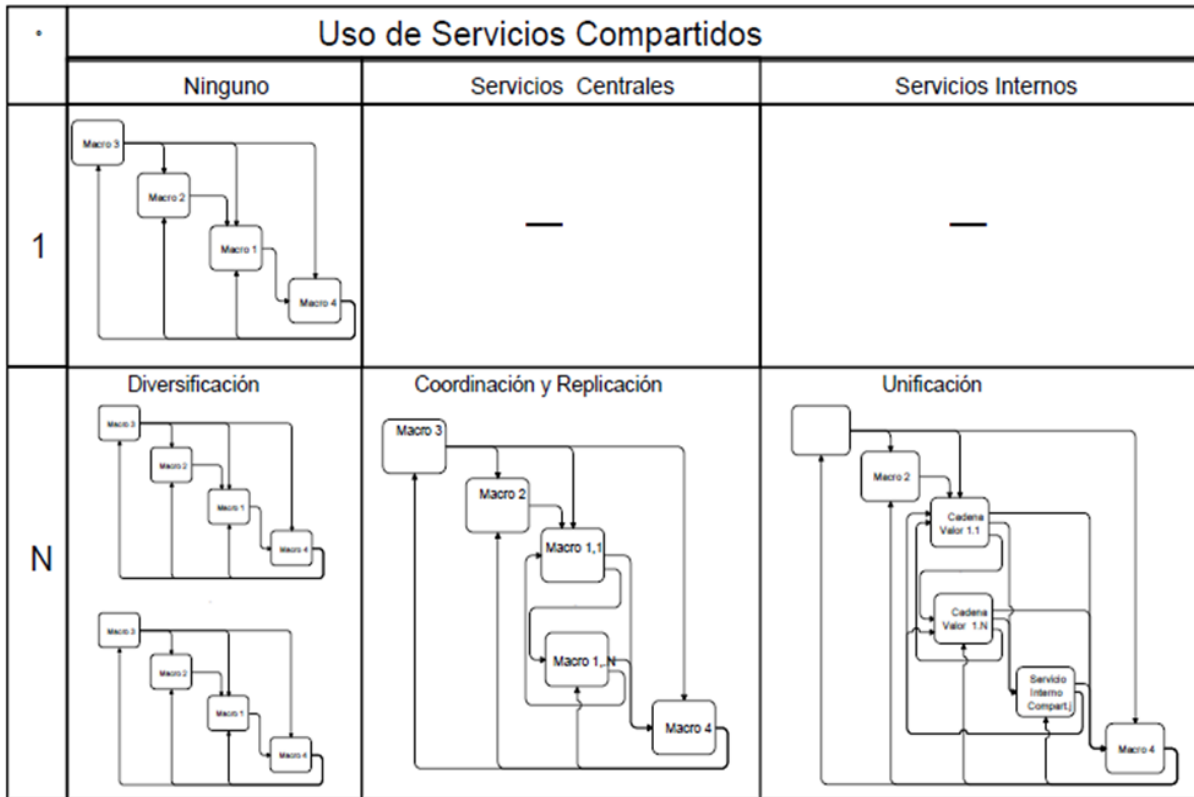


Ilustración 9. Tipos de arquitectura.

Fuente: Barros, 2015

## 2.2.Revisión de Literatura Relevante

### 2.2.1. Definición de conocimiento

El conocimiento es la comprensión adquirida, la cual implica aprendizaje, concienciación y familiaridad con una o más materias; el conocimiento se compone de ideas, concepto, hechos e ilustraciones, teorías, procedimientos y relaciones entre ellos, y formas de aplicar los procedimientos a la resolución práctica de los problemas (Giarratano, J & Riley, G, 1998).

En forma natural, el ser humano representa el conocimiento simbólicamente: imágenes, lenguaje hablado y lenguaje escrito. Adicionalmente, ha desarrollado otros sistemas de representación del conocimiento: literal, numérico, estadístico, estocástico, lógico. La ingeniería cognoscitiva ha adaptado diversos sistemas de



representación del conocimiento que, implementados en un computador, se aproximan mucho a los modelos elaborados por la psicología cognoscitiva para el cerebro humano. Tradicionalmente la representación del conocimiento con lleva el uso de marcos (frames), redes semánticas, cálculo de predicados o sistemas de reproducción (Giarratano, J & Riley, G, 1998). Sin embargo, existen otros sistemas para la representación del conocimiento. Entre los principales sistemas se tienen:

Lógica simbólica formal:

- Lógica proposicional.
- Lógica de predicados.
- Reglas de producción.

Formas estructuradas:

- Redes asociativas.
- Estructuras frame.
- Representación orientada a objetos.

Conceptualizar los procesos del pensamiento de los humanos y tratar de representar estos procesos en una computadora, condujo al desarrollo de los llamados Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC). Una rama de la ciencia de la computación (Inteligencia Artificial) dedicada a la creación de hardware y software intenta producir estos resultados siendo el precursor de esta área del conocimiento. Para más detalle ver Anexo A.

### **2.2.2. *Inteligencia Artificial***

Para (Carrillo, 1987), “La inteligencia artificial es una de las áreas más fascinantes y con más retos de las ciencias de la Computación ya que ha tomado a la inteligencia como la característica universalmente aceptada para diferenciar a los humanos de otras criaturas ya sean vivas o inanimadas, para construir programas o computadoras inteligentes”. Esta definición no es la única, para algunos otros autores (Rolston, 1990), la Inteligencia Artificial es el estudio de cómo hacer que las computadoras hagan cosas que, en estos momentos, hace mejor el hombre. Para otros, la Inteligencia Artificial (IA) es una ciencia que intenta la creación de programas para máquinas que imiten el comportamiento y la comprensión humana, que sea capaz de aprender, reconocer y pensar (Lindsay, 1980).

Al igual que otras disciplinas científicas, la IA contiene varias áreas de investigación. Éstas incluyen solución de problemas, razonamiento lógico, comprensión del lenguaje, programación automática, aprendizaje, sistemas basados en

conocimientos (particularmente con los sistemas expertos), robótica y visión, entre otras.

### **2.2.3. Sistemas Basados en Conocimientos (SBC)**

Los sistemas basados en el conocimiento son una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que hace uso del conocimiento especializado resolver problemas.

Un Sistema Basado en el Conocimiento se puede definir como: "un sistema computacional capaz de soportar la representación explícita del conocimiento de un dominio específico y de explotarlo a través de los mecanismos apropiados de razonamiento para proporcionar un comportamiento de alto nivel en la resolución de problemas"(Guida & Tasso, 1995). En otras palabras, los sistemas basados en el conocimiento tratan con problemas poco estructurados en los que se pueden encontrar requisitos subjetivos, entradas inconsistentes, incompletas o con incertidumbre y que no pueden ser resueltos aplicando los algoritmos clásicos (García, Honey, & Gil, 1994).

Los SBC se componen de tres módulos fundamentales: la base de conocimiento, la máquina de inferencia y la interfaz usuario. La base de conocimiento es la componente más importante y la máquina de inferencia es el intérprete del conocimiento almacenado en la base de conocimiento (Bello, 2002).

Diferentes formas de conocimiento y diferentes mecanismos de inferencias en los sistemas basados en el conocimiento propiciaron el desarrollo de distintos tipos de SBC, entre ellos los sistemas basados en reglas (Rich & Knight, 1988), los sistemas basados en probabilidades (Castillo, Gutiérrez, & Hadi, 2012), sistemas expertos conexionistas o redes expertas (Hilera González y Martínez-Hernando 1995) y los sistemas basados en casos (J. L. Kolodner, 1993).

Así también, se desarrollaron varias metodologías basadas en el modelado del conocimiento tales como: KLIC (Guida & Tasso, 1995), CommonKADS (Schreiber, Wielinga, de Hoog, Akkermans, & Van de Velde, 1994), MIKE (Angele, Fensel, Landes, & Studer, 1998), PROTEGE-II (Eriksson, Shahar, Tu, Puerta, & Musen, 1995), VITAL (Shadbolt, Motta, & Rouge, 1993), KSM (Cuenca & Molina, 1997), DESIRE (Brazier, Dunin-Keplicz, Jennings, & Treur, 1997) y COMMET (Steels, 1993). Todas ellas comprenden un ciclo incremental y hacen énfasis en el proceso de desarrollo y en la conformación de la base de conocimiento. Puede afirmarse que trabajan en un nivel superior de abstracción y proponen prácticas generales para la construcción de SBC detallando las etapas necesarias en el desarrollo de software.

#### **2.2.4. Ingeniería del Conocimiento**

La Ingeniería del Conocimiento (IC) es la disciplina tecnológica que se centra en la aplicación de una aproximación sistemática, disciplinada y cuantificable al desarrollo, funcionamiento y mantenimiento de Sistemas Basados en el Conocimiento. En otras palabras, el objetivo de la IC es el establecimiento de metodologías que permitan abordar el desarrollo de SBC de una forma más sistemática (Palma, Paniagua, Martín, & Marín, 2000).

La IC se enfoca al desarrollo de sistemas basados en el conocimiento, destacándose la necesidad de la adquisición del conocimiento, así como su especificación, verificación, validación, diseño e implementación en sistemas informáticos o lenguajes apropiados para la construcción de bases de conocimiento para la toma de decisiones (Martínez-Sánchez, 2009).

#### **2.2.5. Sistemas Expertos**

Históricamente se ha utilizado también el nombre de “sistemas expertos”, con una distinción sutil. Al hablar de “sistemas basados en conocimiento” en general, simplemente se está haciendo referencia a que lo más importante del sistema es el conocimiento que almacena y que gestiona, es decir, una visión estructural. Sin embargo, el término “sistema experto” se refiere a un sistema que imita la actividad de un experto humano para resolver una determinada tarea en un dominio específico, es decir, una visión funcional del sistema.

Así, un sistema experto es un tipo particular de sistema basado en conocimiento, el que imita al experto humano. Hay sistemas basados en conocimiento que no son sistemas expertos, por ejemplo, una enciclopedia electrónica. Un sistema basado en conocimiento es un tipo de sistema inteligente, en el sentido de almacenar/gestionar/estar relacionado con el saber o capacidades humanas.

Los sistemas expertos se desarrollan para la solución de problemas, capturando la destreza de consultores expertos (Hayes-Roth et al., 1983) (Buchanan y Shortliffe, 1985).

A continuación, se mostrarán dos esquemas referentes a un esquema tradicional de solución de un problema, versus el enfoque de un sistema experto.

#### ***Tipos de Sistemas Expertos***

Hay muchos puntos de vista desde los cuales se pueden clasificar los Sistemas Expertos. Algunos de ellos son (los detalles de cada uno los puede ver en el anexo B):

- Por la Forma de Almacenar el Conocimiento.

- Por la Naturaleza de Hacer las Cosas.
- Por la Interacción del Usuario.
- Por la Variabilidad Temporal del Conocimiento.
- Por la Limitación de Tiempo para Tomar Decisiones.
- Por la Naturaleza del Conocimiento Almacenado.
- Por la Certeza de la Información.

### **Definición de Expertos Humanos**

Esta experiencia solo se adquiere tras un largo aprendizaje y a base de mucha experiencia.

Un experto humano es una persona que es competente en un área determinada del conocimiento o del saber.

Un experto humano es alguien que sabe mucho sobre un tema determinado y que puede dar consejos adecuados. Los expertos humanos tienen las siguientes características (Maglio P. y Christopher C. (2003)):

Son caros por dos razones: por su escaso número y por necesitar un largo periodo de aprendizaje. No siempre están disponibles, pues son humanos y cuando se retiran (jubilán), o fallecen, se llevan con ellos todos sus conocimientos. (Nebendahl, 1991).

### **Diferencias entre un Experto y un no Experto Humano**

*Tabla 4. Diferencias entre un experto y un no experto humano.*

	<b>Experto</b>	<b>No Experto</b>
Tiempo de resolución	Pequeño	Grande
Eficacia resolutive	Alta	Baja
Organización	Alta	Baja
Estrategias y tácticas	Si	No
Búsqueda de soluciones	Heurística	No heurística
Cálculos aproximados	Si	No

## **Diferencias entre un Sistema Experto y un Experto Humano.**

*Tabla 5. Diferencias entre un Sistema Experto y un experto humano.*

	<b>Experto</b>	<b>No Experto</b>
Conocimiento	Adquirido	Adquirido + Innato
Adquisición del conocimiento	Teórico	Teórico+ Práctico
Campo	Único	Múltiples
Explicación	Siempre	A veces
Limitación de capacidad	Si	Sí, no valuable
Reproducible	Si, idéntico	No
Vida	Infinita	Finita

*Tabla 6. Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional*

	<b>Sistema Experto</b>	<b>Programa tradicional</b>
Conocimiento	En programa e independiente	En programa y circuitos
Tipo de datos	Simbólicos	Numéricos
Resolución	Heurística	Combinatoria
Def. problema	Declarativa	Procedimental

Control	Independiente. No secuencial	Dependiente. Secuencial
Conocimientos	Impresos	Precisos
Modificaciones	Frecuentes	Raras
Explicaciones	Si	No
Solución	Satisfactoria	Optima
Justificación	Si	No
Resolución	Área limitada	Específico
Comunicación	Independiente	En programa

Principalmente existen tres tipos de sistemas expertos:

- Basados en reglas previamente establecidas o RBR (Rule Based Reasoning).
- Basados en casos o CBR (Case Based Reasoning).
- Basados en redes bayesianas.

En cada uno de ellos, la solución a un problema planteado se obtiene:

- Aplicando reglas heurísticas apoyadas generalmente en lógica difusa para su evaluación y aplicación.
- Aplicando el razonamiento basado en casos, donde la solución a un problema similar planteado con anterioridad se adapta al nuevo problema.
- Aplicando redes bayesianas, basadas en estadística y el teorema de Bayes.

Ventajas

- Permanencia: A diferencia de un experto humano un SE (sistema experto) no envejece, y por tanto no sufre pérdida de facultades con el paso del tiempo.

- Replicación: Una vez programado un SE lo podemos replicar infinidad de veces.
- Rapidez: Un SE puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que cualquier ser humano.
- Bajo costo: A pesar de que el costo inicial pueda ser elevado, gracias a la capacidad de duplicación el coste finalmente es bajo.
- Fiabilidad: Los SE no se ven afectados por condiciones externas, un humano sí (cansancio, presión, etc.).
- Consolidar varios conocimientos.

#### Limitaciones

- Sentido común: Para un Sistema Experto no hay nada obvio. Por ejemplo, un sistema experto sobre medicina podría admitir que un hombre lleva 40 meses embarazado, a no ser que se especifique que esto no es posible ya que un hombre no puede gestar hijos.
- Lenguaje natural: Con un experto humano podemos mantener una conversación informal mientras que con un SE no podemos.
- Capacidad de aprendizaje: Cualquier persona aprende con relativa facilidad de sus errores y de errores ajenos, que un SE haga esto es muy complicado.
- Perspectiva global: Un experto humano es capaz de distinguir cuáles son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.
- Capacidad sensorial: Un SE carece de sentidos.
- Flexibilidad: Un humano es sumamente flexible a la hora de aceptar datos para la resolución de un problema.
- Conocimiento no estructurado: Un SE no es capaz de manejar conocimiento poco estructurado.

#### Ejemplos de sistemas expertos:

- Dendral
- XCon
- Dipmeter Advisor
- Mycin
- CADUCEUS
- CLIPS
- Prolog

### **2.2.6. Estructura de los Sistemas Expertos**

Los SE están compuestos por dos partes principales: el ambiente de desarrollo y el ambiente de consulta. El ambiente de desarrollo es utilizado por el constructor para crear los componentes e introducir conocimiento en la base de conocimiento. El ambiente de consulta es utilizado por los no-expertos para obtener conocimiento experto y consejos (Turban, 1995).

Los siguientes son los componentes básicos de un SE:

#### Experto

Es la persona que interactúa con el sistema para “transferirle su conocimiento”, mediante la inserción de reglas.

#### Subsistema de generación de conocimiento

Es la acumulación, transferencia y transformación de la experiencia para resolver problemas de una fuente de conocimiento a un programa de computadora para construir o expandir la base de conocimiento. El estado del arte actual requiere un ingeniero en conocimiento que interactúe con uno o más expertos humanos para construir la base de conocimiento.

#### Base de conocimiento (Reglas)

Contiene el conocimiento necesario para comprender, formular y resolver problemas. Incluye dos elementos básicos: heurística especial y reglas que dirigen el uso del conocimiento para resolver problemas específicos en un dominio particular.

#### Base de hechos

Es una memoria de trabajo que contiene los hechos sobre un problema, alberga los datos propios correspondientes a los problemas que se desean tratar. Consta de dos (2) partes.

- Permanente: son los hechos que no cambian y que siempre se presentan en el problema.
- Temporal: son hechos variantes que cambian mientras se intenta solucionar el problema.

#### Motor de inferencia

Es el cerebro del SE, también conocido como estructura de control o interpretador de reglas. Este componente es esencialmente un programa de computadora que provee metodologías para razonamiento de información en la base de conocimiento.



Este componente provee direcciones sobre cómo usar el conocimiento del sistema para armar la agenda que organiza y controla los pasos para resolver el problema cuando se realiza una consulta. Tiene tres elementos principales: (1) Intérprete, ejecuta la agenda seleccionada; (2) programador, mantiene el control sobre la agenda; (3) control de consistencia, intenta mantener una representación consistente de las soluciones encontradas (Turban, 1995).

#### Subsistema de justificación (o explicación)

Se encarga de explicar el comportamiento del SE al encontrar una solución. Permite al usuario hacer preguntas al sistema para poder entender las líneas de razonamiento que este siguió. Resulta especialmente beneficioso para usuarios no expertos que buscan aprender a realizar algún tipo de tarea.

#### Interfaz de Usuario

Es la parte del sistema experto basado en reglas con la que interactúa el usuario. Facilitando la comunicación con el motor de inferencia. Aceptando datos de usuario, planteando preguntas, dando información y mostrando la conclusión a la que ha arribado el sistema experto. Toda información, ya sea de entrada o salida pasa por la base de hechos.

Adicionalmente, permite introducir la información que necesita el sistema y comunica las respuestas del Sistema Experto. Podemos decir que existen tres tipos diferentes de interfaz de usuario:

- Interfaz llamada componente de adquisición el cual permitirá al ingeniero y al usuario experto comunicarse.
- Interfaz del componente explicativo. Usada por tres personas el ingeniero, el usuario del sistema y el usuario experto.
- Interfaz de consulta, encargada de recibir respuestas y emitir los resultados solicitados.

#### Usuario

Es la persona que consulta el sistema para obtener una respuesta. Con la información que provee se trata de generar una conclusión y si es ambigua se obtiene más información de parte del usuario.

A continuación, se presenta un esquema de un sistema experto:

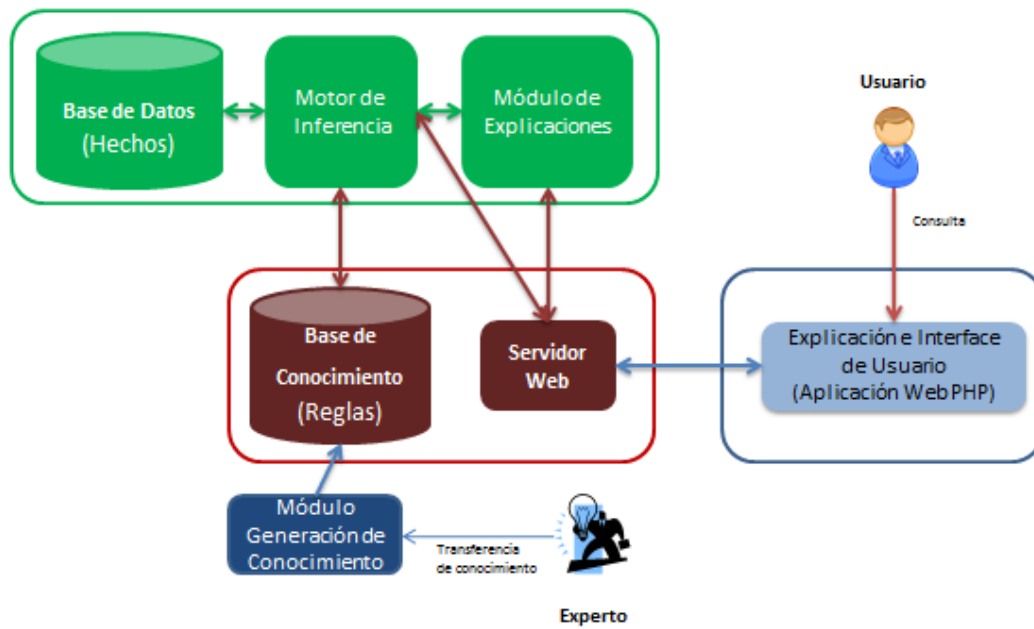


Ilustración 10. Arquitectura general de sistema experto basado en reglas.

Fuente: elaboración propia

### 2.2.7. Sistema Experto Basado en Reglas (SBR)

Los sistemas basados en reglas trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en situación modificada. También pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, bien empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente (o una deducción de una evidencia existente) que apoya una hipótesis en particular.

Reglas “Si...entonces...”

Las reglas “si...entonces...” son el principal tipo de conocimiento usado en Sistemas Expertos, donde dichas normas se utilizan para capturar razonamiento de expertos que emplean a menudo.

Una regla es una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos (“y”, “o”, “no”). Una regla se escribe normalmente como “Si premisa, entonces conclusión”. En general, ambas, la premisa y la conclusión de una regla pueden contener afirmaciones múltiples objeto-valor.

En la construcción de un SBR uno de los procesos de mayor complejidad es la formalización del conocimiento a través de reglas, para lo cual es necesario inicialmente seleccionar las variables que definen las premisas para inferir la conclusión. Además, es necesario construir un módulo de explicación para las conclusiones que se obtienen que no pueda ser explícitamente las reglas utilizadas por el motor de inferencia el encadenamiento para la inferencia ya sea para obtener las conclusiones.

Otro aspecto a tener en cuenta y presente en los SBR es que los humanos actúan cotidianamente sobre la base de información parcial. La información imperfecta es omnipresente casi toda la información que se tiene sobre el mundo es no cierta, completa o precisa, por lo que si se quiere resolver problemas reales hay que considerar la incertidumbre. La cual puede estar presente tanto en los datos (valores que toman las variables) como en las conclusiones, si se tiene en cuenta la certeza con la que se arriba a la misma.

### **2.2.8. Lenguajes**

Se define como “un traductor de comandos escrito con una sintaxis específica”. Asimismo, “un lenguaje para sistemas expertos también proporcionará un mecanismo de inferencia que ejecute las instrucciones del lenguaje”. Igualmente, “dependiendo de la forma en que esté implantado, el mecanismo de inferencia puede proporcionar encadenamiento hacia atrás, hacia adelante o ambos.

Los lenguajes que son utilizados para construir SE son:

- LISP. Acrónimo de lenguaje de Procesamiento de Listas, fue inventado por John McCarthy y su equipo en la Universidad de Stanford a finales de 1950. Originalmente fue creado como un modelo computacional de procesos matemáticos, reflejando el rigor de las propias matemáticas.
- CLIPS. viene de (C Language Integrated Production System) y como su nombre indica uno de los objetivos que buscaban sus creadores era la fácil integración con programas en C.
- PROLOG. es un lenguaje de programación que se centra alrededor de un conjunto pequeño de mecanismos, incluyendo reconocimiento de patrones, estructuras de datos basadas en árboles y backtracking (retroceso) automático. Este conjunto pequeño constituye una estructura de programación sorprendentemente poderosa y flexible. ProLog es ideal para resolver problemas que involucren objetos - en particular objetos estructurados – y relaciones entre ellos. Por ejemplo, un ejercicio muy sencillo en ProLog es expresar relaciones espaciales, de la forma: “la esfera azul detrás de la verde”.

- SMALLTALK. fue el primer lenguaje de programación que fue diseñado para basarse exclusivamente en objetos. Fue originalmente inventado por Alan Kay en Xerox PARC en 1972, pero mucha gente le ha hecho importantes contribuciones al diseño del lenguaje.
- C Y C++. C es uno de los lenguajes de programación más populares en uso. Proporciona un esqueleto estructurado sin límites para la creatividad del programador; una de las ventajas de C sobre otros lenguajes usados para investigación en IA es que es un lenguaje estructurado y, además, si su aplicación no requiere usar la técnica Backtracking ni los recursos de una base de datos, estos no se convierten en un peso extra que debe soportar la aplicación. En cuanto a C++ se puede decir que es una extensión orientada a objetos de C, la cual permite utilizar la metodología orientada a objetos para la creación de diversos sistemas y programas, incluso los de IA.

### **2.2.9. Shell**

Inicialmente cada SE que se creaba se construía a partir de un lenguaje de IA tal como LISP. Pero después de que muchos SE, se construyeron así, quedo claro que estos sistemas estaban contruidos como un conjunto de representaciones declarativas (reglas) combinado con un intérprete de estas representaciones; también quedo claro que era posible separar el intérprete del conocimiento específico del dominio y por lo tanto se podían crear sistemas que podían ser usados para construir nuevos SE agregando simplemente conocimiento correspondiente al dominio del nuevo problema. Así nacieron los shells los cuales sirven como base para muchos SE, ya que proporcionan mucha flexibilidad en representación del conocimiento y razonamiento, así como adquisición de conocimiento.

Algunos de los principales shells de SE, que como ya se mencionó, son SE sin su base de conocimiento, es decir, se pueden utilizar de forma genérica para cualquier tema, tales como: Gold Woks II, ART, LOOPS, KEE, HUMBLE, EMYCIN, EXSYS CORVID, entre otros.

### **2.2.10. Exsys Corvid**

Es una herramienta extensivamente probada para construir y presentar sistemas interactivos expertos en la web. Un software que permite un trabajo práctico y deseable, llevando la experiencia del uso de sistemas interactivos en línea.

Proporciona formas de capturar el conocimiento de un experto y el proceso de toma de decisiones que permiten que la computadora emule la interacción que tiene las personas con la persona experta para resolver problemas.

Los sistemas de Corvid pueden ser utilizadas para distintas plataformas empresariales, integradas y ejecutadas en sitios Web e intranet. Ellos capturan la experiencia y diseminan el conocimiento para manejar proyectos críticos, automatizar tareas rutinarias, ayudar en procesos de selección, analizar corrientes de datos, asegurar el cumplimiento de las políticas en cualquier área donde se tomen decisiones lógicas constantemente.

### **2.2.11. Algoritmos**

En general los algoritmos se pueden clasificar en seis clases (ver Anexo C):

#### Toma de decisiones multicriterio (MCDM).

Los que son ampliamente usados en donde se tienen múltiples variables a analizar. La relación entre los criterios de decisión es medida a través de pesos. Entre los algoritmos más representativos están: Simple Additive Weighting (SAW), Multiplicative Exponent Weighting (MEW), Elimination and Choice Expressing The Reality (ELECTRE), Grey relational Analysis (GRA), Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS), Multi-criteria Optimization and Compromise Solution (VIKOR), Analytical Hierarchical Process (AHP), Fuzzy Analytical Hierarchical Process (FAHP).

#### Algoritmos inteligentes.

La inteligencia artificial tiene como objetivo hacer que las máquinas realicen tareas de una manera similar a un experto. La máquina de inteligencia percibirá su propia utilidad (Woods, 1986). De tal manera, está tendrá que prever los principales desafíos como la deducción, el razonamiento, la representación de las problemáticas para finalmente dar solución a los problemas como fuente de entradas principales de estudios (Abbas, nascer y Ahmad, 2015). Entre los algoritmos más representativos están: Lógica Difusa, Algoritmos Genéticos, Sistemas Multiagentes y Colonia Artificial de Abejas.

#### Técnicas de aprendizaje.

El aprendizaje autónomo tiene como objetivo principal el autoaprendizaje computacional, en el que las técnicas de análisis pueden ser programas de forma autónoma a través de la inducción del conocimiento, y donde la información objeto de estudio está disponible a partir de grandes conjuntos de datos, dispuestos a ser analizados para la consecución objetiva de resultados (Abbas, Nasser y Ahmad, 2015).

Estas técnicas se clasifican en No Supervisado y Supervisado.

Donde la técnica de no supervisado permite la exploración de las características del entorno y toman acciones por sí mismo sin tener ningún conocimiento previo (Jayawera y Christodoulou, 2011). Aquí se tienen las técnicas de: Aprendizaje por refuerzo y Teoría de Juegos.

En lo referente a la clasificación de supervisado, se tiene que los datos de entrenamiento están etiquetados, es decir, se conoce la información a priori acerca del ambiente. Algoritmos de entrenamiento como Redes Neuronales y Máquinas de Soporte Vectorial caben dentro de esta clasificación.

#### Funciones de decisión.

Las funciones de decisión se caracterizan por tener una función matemática que satisfacer. Esta función se le llama función objetivo y puede maximizar o minimizar costos. Entre las cuales se tienen: Función de utilidad y la función de costo.

#### Estadísticos.

Estas técnicas están basadas en conceptos de estadística y probabilidad, como lo son las redes bayesianas, las cadenas de markov y los árboles de decisión.

A continuación, se muestra un esquema de clasificación de algoritmos:

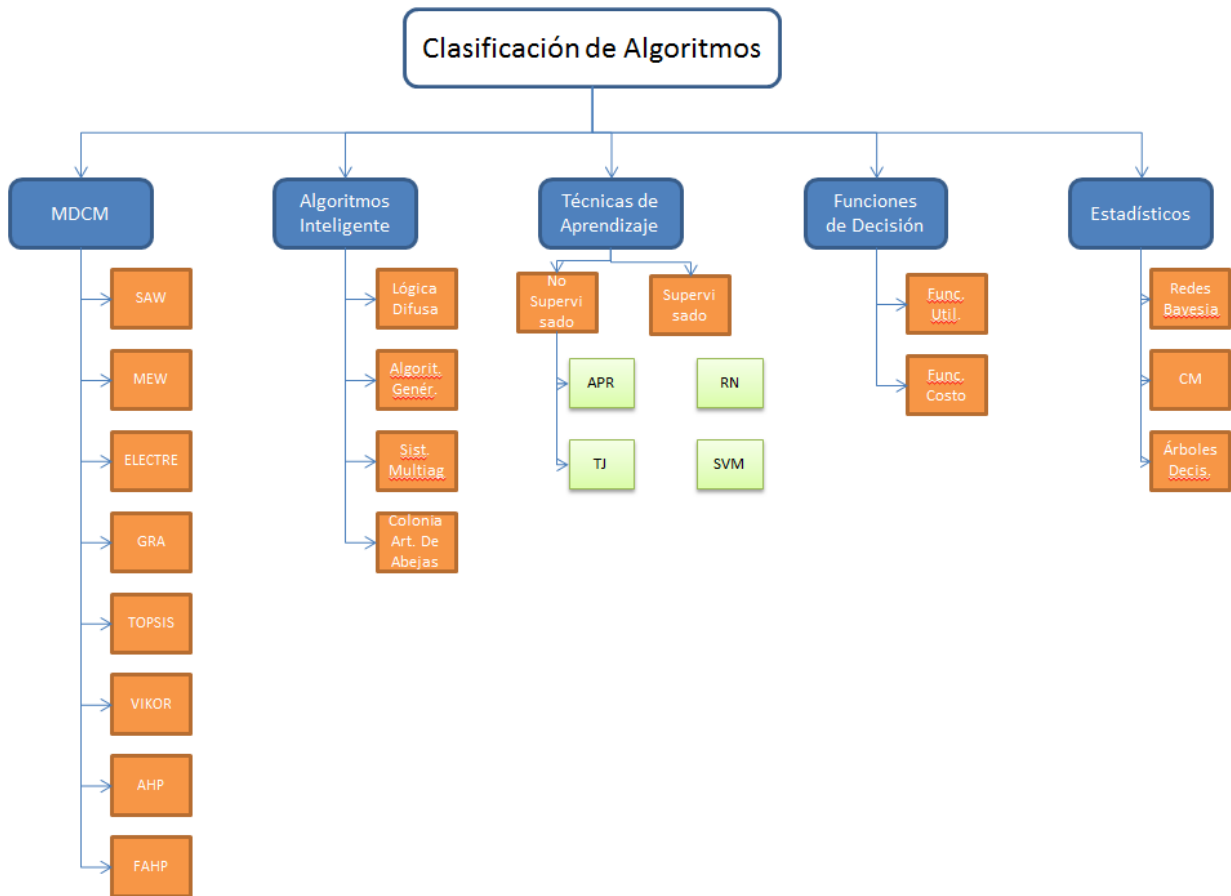


Ilustración 11. Clasificación de algoritmos

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.12. Árboles de Decisión

El algoritmo vinculado a los árboles de decisión corresponde a la agrupación de reglas, desplegadas en forma de árbol al revés, que permite la clasificación de una observación, en función del cumplimiento de la regla. Dado un conjunto de datos, que se estructuran como vectores ordenados en función del par atributo-valor, basados en el formato del aprendizaje inductivo, el sistema adquiere aprendizajes de conceptos que se estructuran en forma de árbol. Cada “rama” del árbol se etiqueta con un par atributo-valor y las “hojas” con una clase, de manera tal que la trayectoria descrita por una observación desde la raíz se determina a partir de los pares que alcanzan una hoja etiquetada con la clase del ejemplo.

Entonces una vez obtenido el modelo, la clasificación de una nueva observación que se incorpora al análisis, de la cual se desconoce su clase, se analiza con la misma técnica, asignándole una clase de acuerdo con la etiqueta de la hoja a la que se accede con dicha observación. Ver ejemplo de árbol de decisión en la ilustración a continuación.

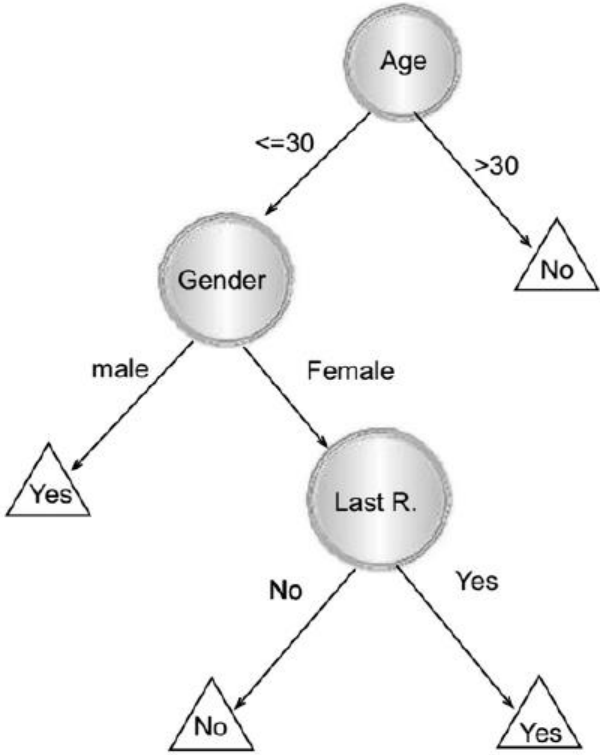


Ilustración 12. Ejemplo árbol de decisión



## CAPÍTULO 3: INVESTIGACIÓN / PROYECTO

### 3.1. Acerca de la Institución

#### 3.1.1. *Antecedentes de la Industria*

El sistema de Transporte Público de Santiago (Transantiago) existe como tal desde el 2007 e integra física y tarifariamente a la totalidad de los buses de transporte público de la ciudad, operados por 7 empresas concesionarias, al Metro de Santiago y a Metro Tren Nos. Este sistema (los tres modos) se paga a través de un único medio: la tarjeta ¡bip!, la que se puede cargar en cualquiera de los puntos de carga distribuidos por la ciudad.

Los usuarios del sistema pueden moverse en cualquiera de los tres modos antes señalados (buses de Transantiago, Metro y Metro Tren Nos) haciendo hasta dos transbordos por el valor de un solo pasaje. Estos transbordos se pueden realizar en un espacio de tiempo de dos horas (120 minutos) después de hacer el primer ¡bip!

El Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) es la entidad gubernamental que regula, controla y supervisa los tres modos que componen Sistema de Transporte Público de Santiago. La Administración Financiera de Transantiago (AFT), se encarga de recaudar, administrar y distribuir los ingresos.

#### Buses

El sistema de buses de Transantiago cubre alrededor de 6,2 millones de usuarios de las 32 comunas que forman parte de Santiago, más Puente Alto y San Bernardo, en un área geográfica de alrededor de 680 km<sup>2</sup> en zonas urbanas. En un día laboral, se efectúan alrededor de tres millones de transacciones en buses de Transantiago. El sistema de buses es operado por 7 empresas concesionarias, las que se diferencian por colores.

#### Trenes

En marzo de 2017 comenzó a operar Metro Tren Nos, servicio de trenes que ofrece un rápido y cómodo medio de transporte entre Estación Central y la comuna de San Bernardo.

Entre los principales beneficios de Metro Tren Nos destaca que los vecinos de San Bernardo pueden llegar a Estación Central en sólo 25 minutos. Además, Metro Tren Nos permite que las comunas de Estación Central, San Bernardo, Lo Espejo, Pedro Aguirre Cerda y El Bosque conecten de manera más rápida con la línea 1 del Metro y distintos recorridos de Transantiago.

Metro Tren Nos consta de 10 estaciones: Alameda (Ala), Lo Valledor (LoV), Pedro Aguirre Cerda (PAC), Lo Espejo (LoE), Lo Blanco (LoB), Freire (Fre), San Bernardo (SBe),

Maestranza (Mae), 5 Pinos (5Pi) y Nos (Nos). La Estación Lo Valledor conecta con la nueva línea 6 de Metro.

### Metro

Metro de Santiago es uno de los ejes integrados del sistema de Transporte Público de Santiago. Cuenta con 6 líneas de trenes subterráneos y 136 estaciones que transitan entre las diferentes comunas de la ciudad. La mayoría de las estaciones de Metro conectan con paradas de buses de Transantiago y otras con estaciones de transbordo intermodal, es decir con buses interurbanos.

El principal mercado en el cual participa la Sociedad es el transporte masivo de pasajeros en la Región Metropolitana y está constituido por usuarios que buscan un viaje rápido y seguro. En la actualidad, Metro participa en más de un 60% de todos los viajes del transporte público de Santiago.

Además, a partir de julio de 2013, Metro se convierte en el administrador del 100% de las cargas de la tarjeta Bip! que se realizan en el sistema, sumando a la red de carga subterránea los puntos de venta en superficie. En un día laboral, en Metro se efectúan alrededor de 2.400.000 transacciones.

### **3.1.2. Descripción General de la Empresa**

Metro es una empresa pública que forma parte del Sistema de Empresas (SEP), institución creada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Las empresas SEP agrupan a 22 compañías de los rubros de transporte, portuario y servicios, y su propietario o accionista principal es el Estado de Chile. El SEP es el ente que representa los intereses del Estado en estas compañías y ejerce una función como organismo técnico asesor, designando a los miembros de su Directorio y evaluando la gestión estratégica de cada empresa con el fin de maximizar su valor económico en beneficio del país. Junto con responder a las obligaciones de ser una empresa SEP, Metro se rige por las normas de las sociedades anónimas abiertas, estando sometidos a la fiscalización de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), ex Superintendencia de Valores y Seguros (SVS), y las normas del derecho común aplicables a toda sociedad anónima.

La Administración de Metro de Santiago está radicada en su Directorio, integrado por su presidente, vicepresidenta y cinco directores. De dicho organismo dependen el Gerente General, Gerencia Auditoría Interna y el Compliance Officer. El gerente general ejerce la administración de la Empresa a través de seis Gerencias Corporativas, tres grandes Divisiones que corresponden a la División Transporte de Pasajeros, División Proyectos de Expansión y División Medios de Pago. En las Gerencias Corporativas se incluyen las gerencias de Personas, Administración y Finanzas, Planificación y Desarrollo, Estudios y Negocios de Transporte, Clientes y Sostenibilidad, y Asuntos Legales. La División de

Transporte de Pasajeros incluye las gerencias Operaciones y Servicios, Mantenimiento, Ingeniería y Proyectos Operacionales e Implementación Líneas 6 y 3. La División Proyectos de Expansión incluye las Gerencias de Línea 6, Línea 3 e Ingeniería, Obras Civiles y Arquitectura. Además, depende directamente del Gerente General la Gerencia de Negocios, el Oficial de Seguridad de la Información y Asesor de la Gerencia General. La dotación comprende 4.676 colaboradores, donde 3.670 son hombres y 1.006 son mujeres. Siendo los chilenos 4.523 y extranjeros son 153.

### Organigrama

En la siguiente imagen, se describe la estructura organizacional de alto nivel, así como también, se enmarca en rojo las Gerencias donde el proyecto de tesis impacta.

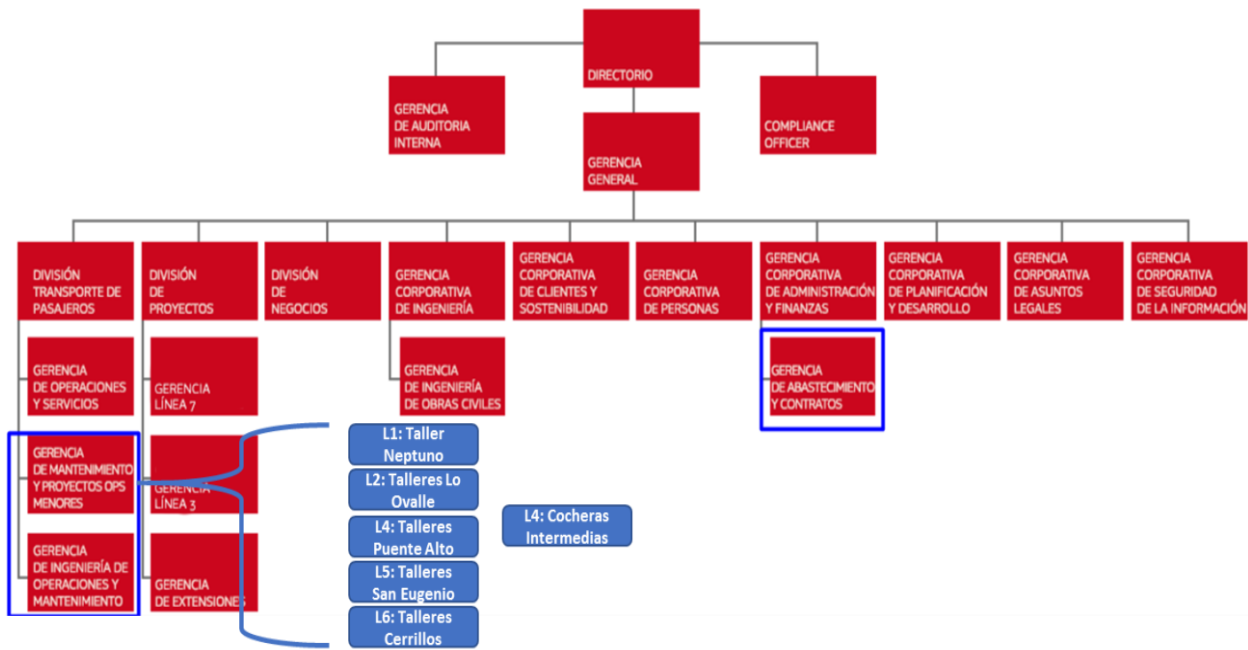


Ilustración 13. Estructura organizacional metro s.a.

Fuente: elaboración propia

### Visión

Ser una empresa de la que todos los ciudadanos se sientan orgullosos.

### Misión

Garantizar, como empresa protagonista del transporte público integrado, una experiencia de viaje segura y confiable, con eficiencia y sostenibilidad, contribuyendo a una mejor ciudad.

### Nuestros Valores

Los valores se centran en 5 principios fundamentales contruidos por los propios trabajadores de Metro. Estos valores servirán para marcar las decisiones y acciones de todos quienes laboran en la Empresa, son complementarios entre sí y conjugan lo que el personal de Metro es y lo que espera ser.

Estos valores se resumen en:

- Orientación al Cliente: Trabajamos por ser una de las mejores empresas de servicio del país.
- Seguridad: Tu seguridad está primero.
- Excelencia Operacional: Transporte predecible, seguro y eficiente.
- Colaboración: Trabajando juntos, aprendemos y avanzamos más rápido.
- Transparencia: Orientada a todos nuestros actos.

### **3.1.3. Levantamiento de la Situación Actual**

#### Arquitectura de Procesos

El Proyecto rediseña el Proceso de Asignación de Requerimientos de Compras Centralizadas, particularmente las compras de partes y piezas, que actualmente es realizado de forma manual y sin apoyo tecnológico.

Para el desarrollo del proyecto, se utilizará desde un contexto amplio de Metro S.A, los Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocio, en particular la Macro 1 – Cadena de Valor, que es donde se centrará el proyecto.

#### Modelamiento Detallado de Procesos

##### Modelamiento IDEF0

Macroprocesos: En este nivel se muestra los macroprocesos de Metro S.A., tales como: Operación de Transporte (Macro1), la Construcción de Nuevas Líneas (Macro 2), la Planificación de Metro (Macro 3) y los Recursos Habilitadores de Metro (Macro 4). Cabe señalar que lo enmarcado en azul, señala el macroproceso de donde esta embebido el proceso.

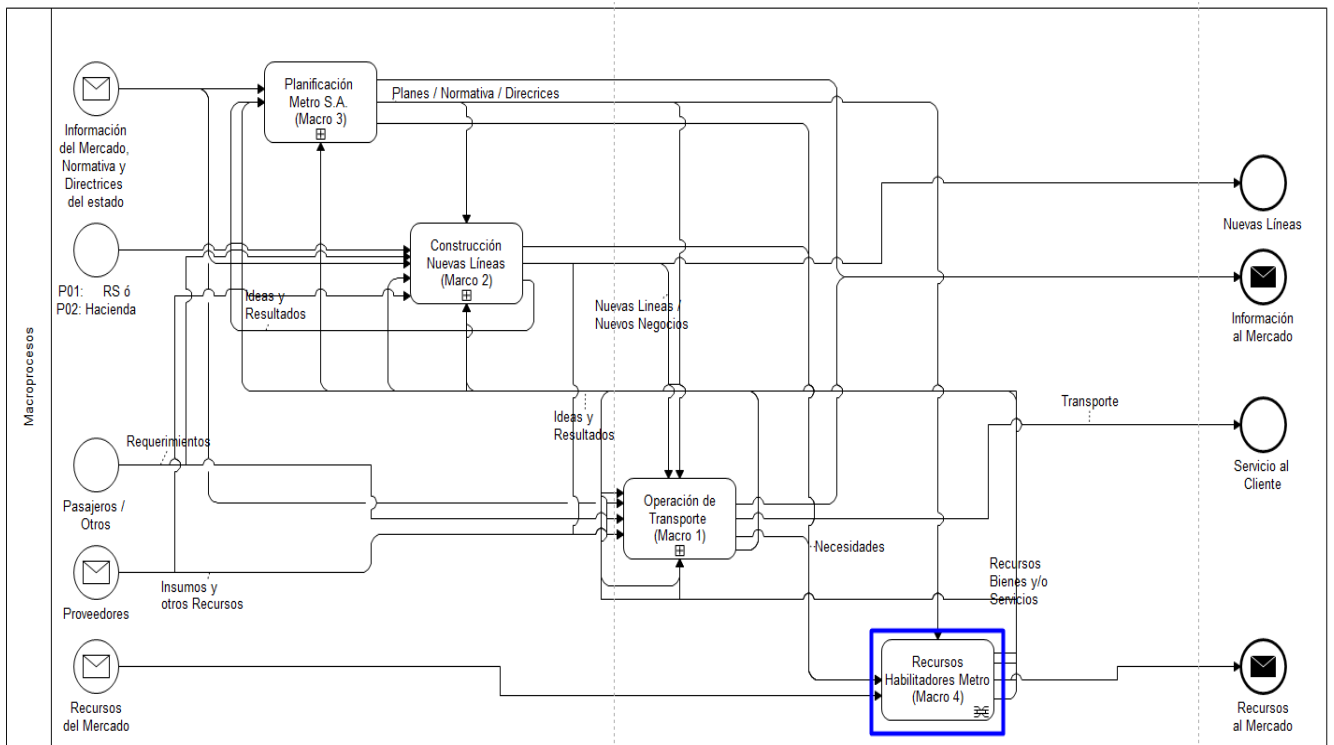


Ilustración 14. Macroprocesos metro s.a.

Fuente: elaboración propia

La segunda instanciación del macroproceso de recursos habilitadores, se enfoca principalmente en todos los procesos que apoyan la operación de los trenes. En la imagen siguiente, se puede apreciar los distintos procesos que apoyan: el proceso de “Obtener Bienes/Servicio”, que es donde impacta el proyecto y hace referencia a la gestión e interacción que se efectúa entre los solicitantes y la Subgerencia de Abastecimiento y Logística que es la unidad que se encarga de las compras. Los demás procesos son “Decidir manejo de bienes/servicios”, “Decidir transferencia de bienes /servicios”.

El proceso de “Ingreso, manejo y transferencia de bienes y servicios”, es el proceso donde se elabora el Plan de Necesidades de la Gerencia de Mantenimiento y que sirve de input para el Plan de Compra del Área de Logística. Por último, es el proceso de “Mantenimiento de estado de bienes y servicios”.

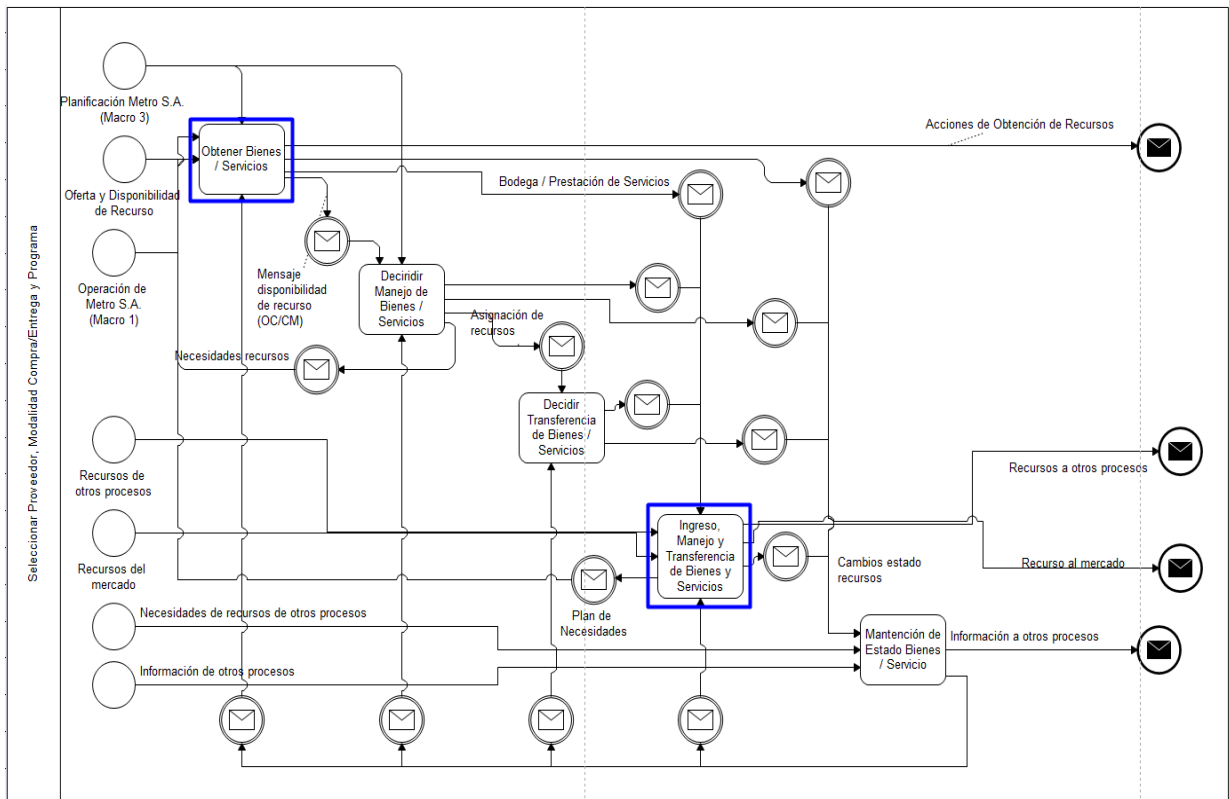


Ilustración 15. Instanciación macroproceso recursos habilitadores metro s.a.

Fuente: elaboración propia

Con la tercera instanciación del proceso “Obtener Bienes/Servicio”, llegamos al proceso “Asignar Compras Centralizadas”, y que para el proyecto serán las asignaciones referentes a las compras de partes y piezas. Y será donde el proyecto de tesis busca rediseñar y apoyar la operación. El proceso se encuentra embebido en el área de compras. Los demás procesos son: “Divulgar requerimiento y recibir ofertas”, “Explorar ofertas y seleccionar posible proveedores”, “Negociar” y “Decidir el proveedor y modalidad de compra”.

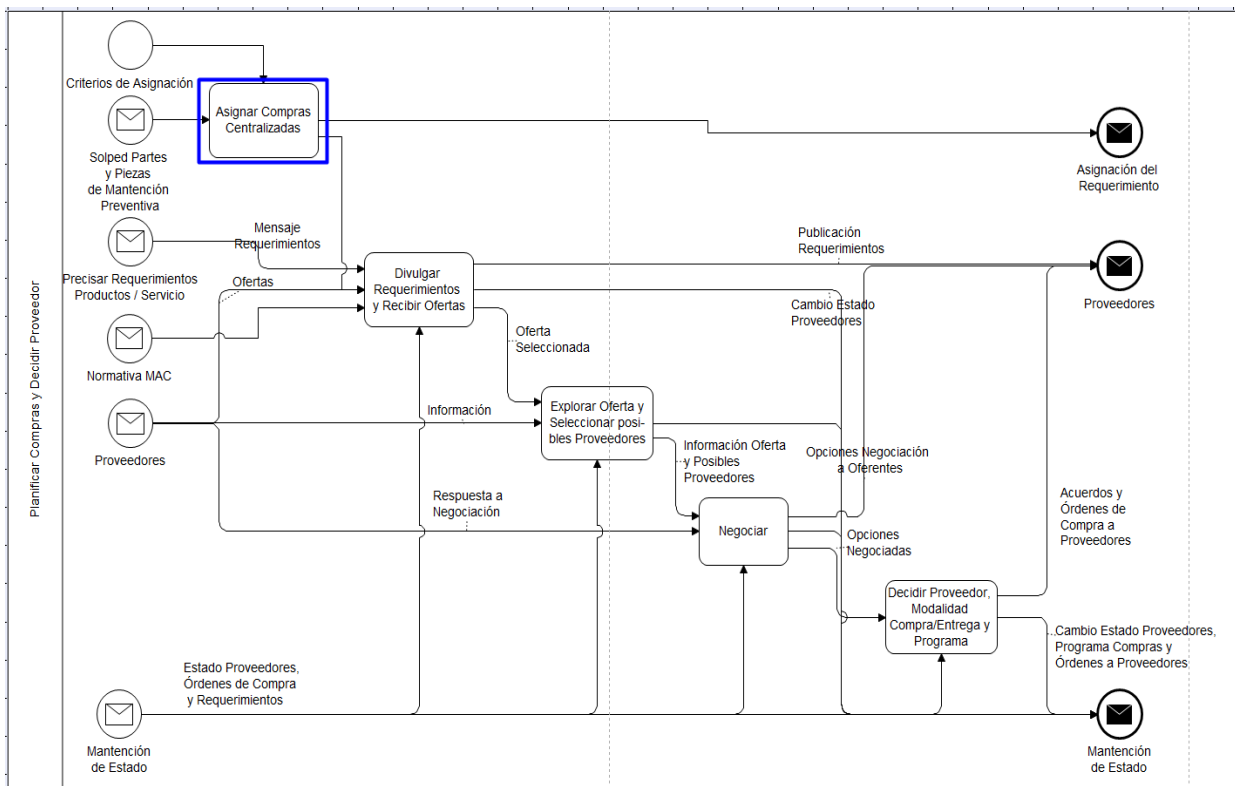


Ilustración 16. Instanciación macroproceso obtener bienes y servicios metro s.a.

Fuente: elaboración propia

### Modelamiento BPMN (Opcional)

El objetivo de proceso de “Asignación de Requerimientos de Compras Centralizada” es Distribuir de manera oportuna, óptima y criteriosa a los Ingenieros y Analistas de la Subgerencia de Abastecimiento, denominados Gestores de Compra, los requerimientos generados de forma centralizadas por los usuarios de Metro S.A. de tal forma, que los productos y/o servicios sean gestionados en tiempo y forma en la que la compañía lo necesita.

El Alcance del proceso de “Asignación del Requerimiento de Compra Centralizadas” aplica para todas las compras centralizadas de bienes y/o servicios de la empresa Metro S.A. desde la recepción de las Solicitudes de Pedido hasta la identificación y Asignación de la Solicitud de Pedido al Ingeniero y/o Analista de Abastecimiento.

La responsabilidad de la correcta aplicación del proceso de “Asignación del Requerimiento de Compra Centralizadas”, radica en la Subgerencia de Abastecimiento. Utilizando como Marco de

referencia el “Manual de Adquisiciones Corporativas, MAC”.

El proceso se compone de 12 tareas, que van desde la revisión de SOLPED, hasta la comunicación de la asignación.

La persona que ejecuta la asignación es el “Asignador de Compras”, efectuando su tarea de manera manual, tal como se describen el siguiente diagrama BPMN 2.0:

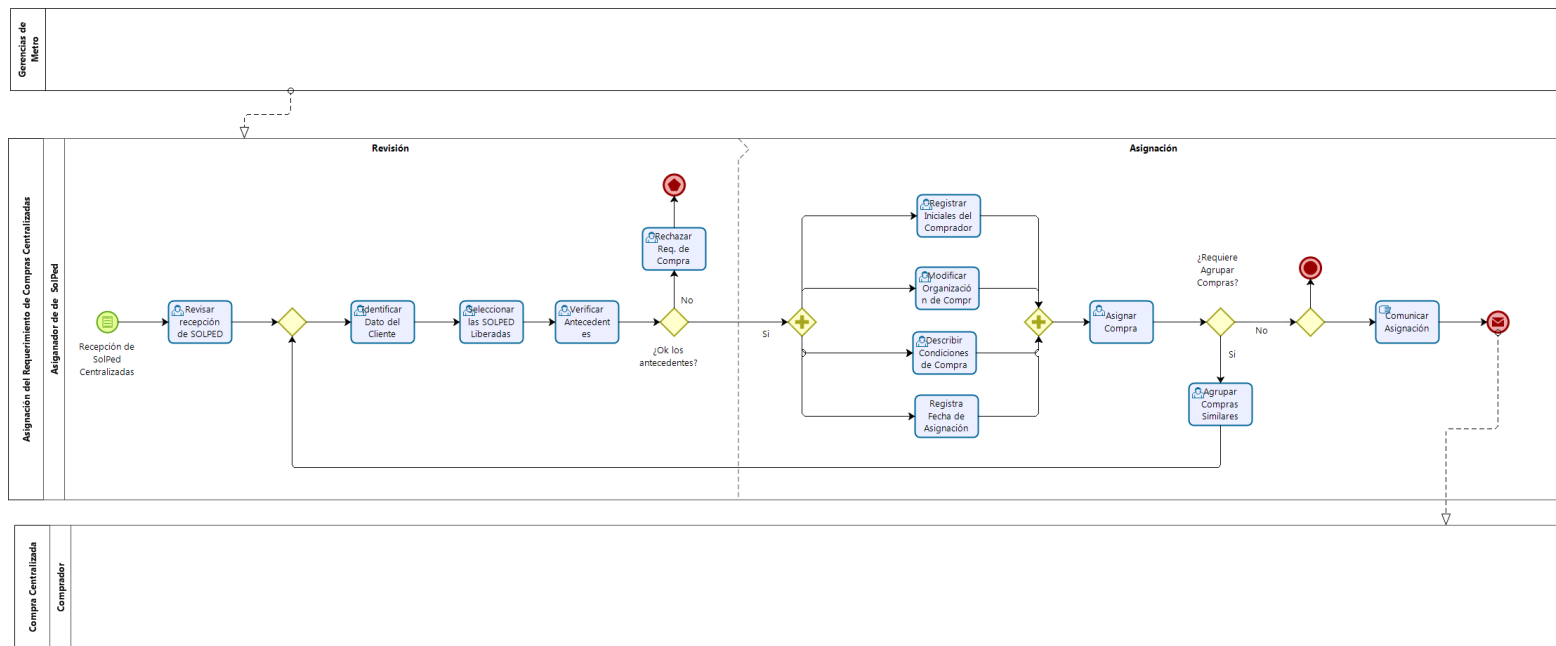


Ilustración 17. Modelo del proceso de asignación de compras de compras centralizadas.

Fuente: elaboración propia



### **3.1.4. Posicionamiento Estratégico**

El Modelo Delta es un marco estratégico que sitúa al cliente en el centro de la gestión. Donde servir al cliente es la forma distintiva de obtener un buen desempeño.

De acuerdo con el modelo delta, existen tres opciones representadas en el triángulo que son el punto de partida para el desarrollo de la organización.

El posicionamiento con “el mejor producto”, donde la manera de atraer, satisfacer y retener al cliente es a través de las características del producto en sí. Sustenta la forma clásica de competencia, que para ganar es mediante bajo costo o diferenciación.

La transformación hacia una “Solución Integral al Cliente”, requiere una manera distinta de atraer al cliente. Existen tres opciones que se pueden perseguir simultáneamente: 1. Redefinir el proceso de compromiso del cliente. 2. Responde a la pregunta: ¿cómo usar habilidades para ejecutar algunas actividades para clientes que previamente se han usado para sí mismos? Y 3. Considerar la expansión tanto como sea posible la apertura de productos y servicios que se están ofreciendo al cliente, en forma horizontal.

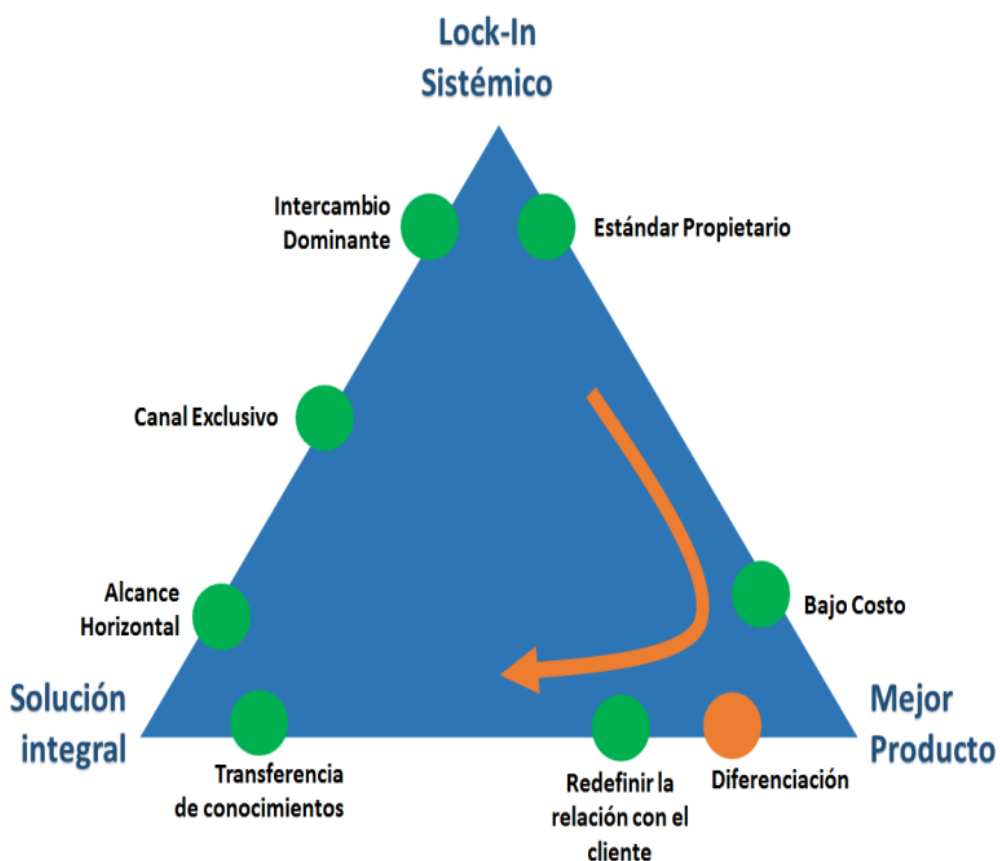
El “System Lock-In”, donde se domina el mercado, y donde se tienen barreras de salida a los clientes y de entrada a los competidores. Una manera poderosa de adquirirlo es a través del desarrollo de los estándares de la industria. Otra posibilidad es la exclusividad de los canales de distribución que los clientes usan para conseguir un producto. Y finalmente es el intercambio dominante, donde hay una posición dominante generando un único vínculo entre compradores y vendedores.

La determinación de posicionamiento estratégico para Metros S.A. requiere considerar que Metro S.A. es parte integral de un sistema de transporte (Transantiago), teniendo un carácter de empresa estatal. Es una Sociedad Anónima desde enero de 1990, cuyos accionistas al 24 de septiembre de 2018 son la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, con 65,79% y el Fisco de Chile con 34,21%. Además, es la continuadora legal de la ex Dirección General de Metro del Ministerio de Obras Públicas creada en 1974 por Decreto Ley N° 257.

Se puede señalar que si bien es cierto Metro S.A. es parte de sistema de transporte en el que también, están los buses del transantiago y el metro tren NOS. Podemos indicar, que si lo comparamos con los otros medios y servicios de transportes, como son vehículos particulares, taxis y colectivos. Así como también, con las aplicaciones de transporte (Uber, Cabify, y Beat), entre otras, Metros S.A. ofrece el mejor servicio de transporte de acuerdo con los usuarios según estudios del Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTP). Así también, desde hace varios años y en un proceso de mejora continua, METRO S.A. no solo se ha preocupado de ofrecer el mejor servicio (rápido, puntual, limpio, entre otros.) Desde hace varios años viene explorando y creando nuevos negocios.

Así mismo, Metro S.A. a lo largo de su historia ha ido construyendo valores por medio de sus trabajadores mediante 5 principios fundamentales. Los cuales son: Transparencia, Colaboración, Excelencia operacional, Seguridad y Orientación hacia el cliente. Segmentándolo y conociendo sus necesidades. Esto ha llevado a la empresa a desarrollar además del negocio de transporte, lo siguiente: Negocios No Tarifarios: a) Negocios de Flujo (Publicitarios, Retail, Telecomunicaciones y Máquinas Automáticas), b) Negocios de Rentabilización de terrenos, c) Negocios Operacionales (Intermodal), d) Consultorías en el extranjero.

Por lo anterior, se puede señalar que el posicionamiento estratégico de Metro S.A. de acuerdo con el modelo delta HAX, es de “Mejor Producto”, particularmente en el punto de “Diferenciación”.



*Ilustración 18. Posicionamiento estratégico metro S.A.*

*Fuente: elaboración propia*

El mejor producto se da en respuesta a la comparación de utilizar un medio de transporte desde un punto A y B, Metro S.A. es catalogado como un medio de transporte rápido, seguro y confiable. Esto se sustenta en el indicador de satisfacción de clientes, que es un indicador clave en la operación de metro. Como indicador, éste se mide mensualmente

permitiendo conocer la percepción que tienen los usuarios sobre el servicio recibido y con ello podemos introducir mejoras en nuestros sistemas.

El área de experiencia de clientes coordina la aplicación de esta encuesta con el apoyo de una empresa externa. El estudio mide la satisfacción de 1.200 usuarios y sus resultados son compartidos y analizados por las diferentes áreas de la empresa, que deben diseñar e implementar mejoras.

Durante 2018 el objetivo fue mantener la alta satisfacción obtenida en 2017, pasando de 80% a 72%, de satisfacción neta, lo que estadísticamente representa una leve baja. Los principales atributos que bajaron este año fueron: tiempos de viaje predecibles, Información disponible y condiciones gratas de viaje, aspectos que serán trabajados en el año 2019.

### **3.1.5. *Balanced Scorecard***

De acuerdo con el plan estratégico de Metro S.A. en un tramo de tiempo que alcanza el año 2020, señala que son cinco los objetivos estratégicos:

- Mejorar la calidad de vida mediante una experiencia de viaje satisfactoria.
- Desarrollar servicios no tarifarios rentables.
- Duplicar la velocidad de crecimiento de la red aportando al sistema de transporte público integrado.
- Garantizar sostenibilidad financiera, social y medioambiental.
- Fomentar el desarrollo de las personas en un entorno de colaboración y felicidad.

Estos objetivos estratégicos son el resultado que espera alcanzar Metro S.A. mediante el siguiente Mapa Estratégico:



Ilustración 19. Plan estratégico metro 2020

Fuente: elaboración propia

El proyecto de “Fortalecimiento de la Toma de Decisiones en la Asignación de Requerimiento de Compras en Metro S.A.”, tiene un impacto en el mapa estratégico y se enmarca en las dimensiones de “Aprendizaje y Desarrollo”, dado que busca asegurar la gestión del conocimiento de la Subgerencia de Abastecimiento, desarrollando capacidades de innovación y mejora continua en el proceso de Asignación de las compras de partes y piezas que permite la continuidad operativa de servicio de transporte. En la dimensión de “Procesos Internos”, el proyecto aporta en la optimización de los costos que conlleva las tareas de identificación de partes y piezas necesarias para la operación de los trenes y la mejor asignación del comprador, del mismo modo asegura una excelencia operacional, maximizando la calidad del servicio y mejorando las condiciones de seguridad de los pasajeros. En lo que respecta a la dimensión de “Usuarios” el proyecto quiere asegurar una experiencia de viaje a través de una servicio seguro, confiable, predecible e informado y como fin último en la dimensión de “Resultados”, proyecto colabora en mejorar la Calidad de Vida del pasajero mediante una

Experiencia de Viaje satisfactoria y garantizando la Sostenibilidad financiera, social y medioambiental.

### **3.1.6. Modelo de Negocios**

El modelo de negocio del Metro S.A se elaboró mediante el marco de referencia CANVAS. Ilustración que se describe brevemente a continuación, y que se muestra más abajo con más detalle:

#### Propuesta de valor

La propuesta de valor de Metro S.A. se centra en mejorar la calidad de vida mediante una experiencia de viaje satisfactoria. Generando aumento de la cobertura, asegurando viajes rápidos y seguros.

#### Relación con el cliente

La relación que Metro S.A. tiene con los usuarios del transporte es mediante diferentes medios, tales como: telefonía, redes sociales, sonorización, entre otros.

#### Canales de distribución

Metro S.A., entrega el servicio de transporte a través de los trenes, túneles, vías, y estaciones especialmente construidas para este efecto. Y su servicio tarifario mediante las boleterías, centros y puntos BIP.

#### Segmento del mercado

El objetivo se centra en los usuarios que utilizan este medio de transporte.

#### Fuentes de ingreso

En este punto de vista, se debe considerar dos aspectos:

- Inversión de Nuevas Líneas y extensiones: donde existen aportes del gobierno y aportes propios.
- Desde el punto de vista de la operación: están los ingresos del punto de vista tarifario y no tarifario.

#### Actividades clave

En este sentido las actividades claves se abordan desde tres aspectos: Plan de Desarrollo Institucional, La Construcción y la Operación.

#### Recursos claves

Los recursos a que utilizan son: Los trenes, sistemas y equipamiento, las redes de carga y el recurso humano.

#### Socios claves

El servicio no sería posible sin los proveedores de construcción y operación.

### Estructura de costos

La estructura de costos se basa en la operación y proveedores de fondos.

En la imagen de más abajo se muestra el modelo CANVAS.

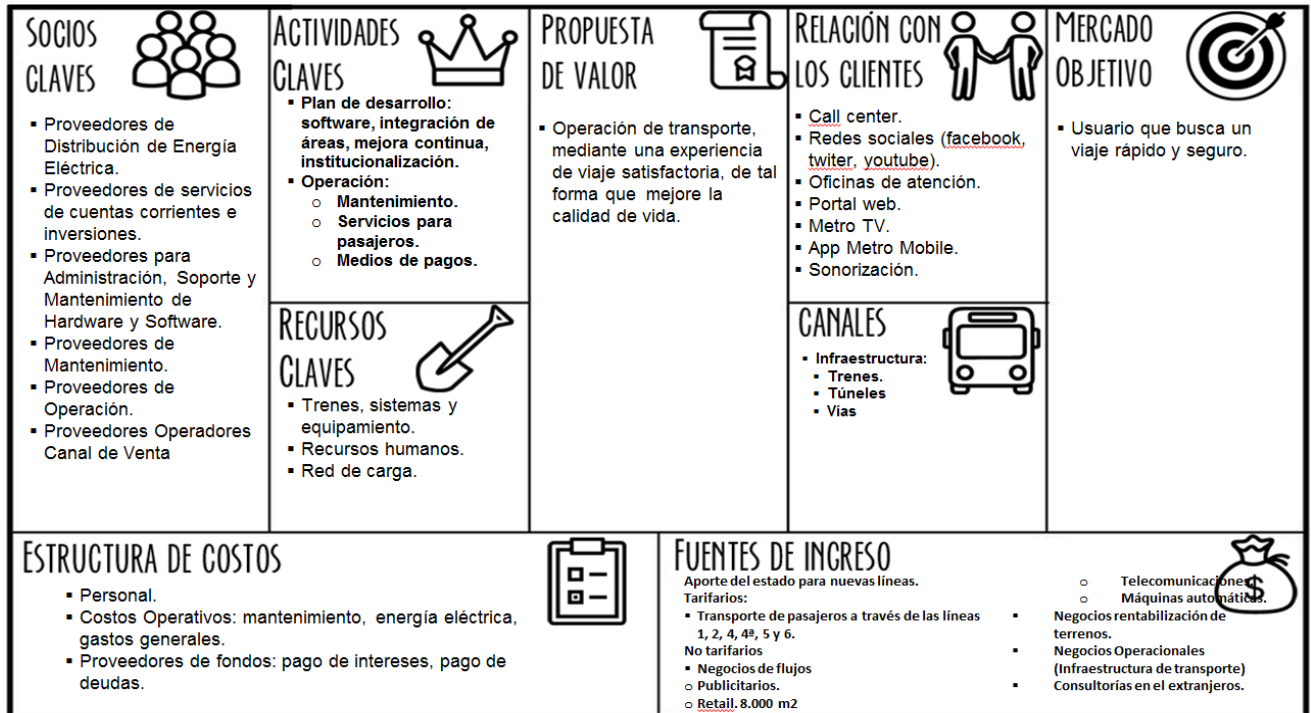


Ilustración 20. Modelos de negocios metro s.a.

Fuente: elaboración propia

## **3.2. Diagnóstico de la Situación Actual**

### **3.2.1. Problemas Identificados**

Metro de Santiago es uno de los actores más importantes del sistema de transporte público de Santiago de Chile, por ende, una falla en su operación genera consecuencias severas, tanto como para los usuarios de Metro como el sistema integrado de transporte. Una causa de interrupción de operación más común son las fallas o averías que se pueden generar tanto en el material rodante del tren como en sus sistemas de vías e infraestructura.

Un claro ejemplo de este riesgo se vio materializado en el año 2014, donde una falla de sistemas eléctricos dejó 3 líneas sin energía eléctrica, lo que afectó a más de 500 mil personas y generó un caos en la capital.

Es por lo anterior, que la Política de Riesgos de la empresa, Metro S.A. apoya la instauración paulatina de un proceso de Gestión de Riesgos como herramienta de apoyo para facilitar el logro de su misión, visión y objetivos estratégicos, tendiente no sólo a reducir el impacto de las dificultades propias del desempeño, cuando se presenten, evitando así la consiguiente pérdida de valor; sino que también permita prevenir que los riesgos se materialicen.

Durante el año 2017, el foco principal del plan de gestión de riesgos fue el monitoreo de los riesgos críticos levantados y/o actualizados en el año 2016.

Los riesgos identificados están basados en 42 procesos críticos relacionados con la operación de trenes y estaciones; mantenimiento; gestión comunicacional; gestión ambiental; gestión de proyectos; construcción de nuevas líneas 3 y 6; prevención de riesgos y salud en el trabajo; gestión de personas; planificación financiera; negocios no tarifarios; medios de pago; abastecimiento y compliance.

Es en este marco se identificaron 977 riesgos, de los cuales 11 son estratégicos críticos de un total de 42 procesos críticos.

- Averías o fallas con consecuencias graves para las personas y/o la operación.
- Fenómenos de la naturaleza que genere interrupción de la operación total o parcial.
- Paralizaciones de personal operativo crítico para la operación de Metro.
- Atentados terroristas.
- Ejecución de Proyectos de Expansión en plazos, costo y alcance inicial.
- Diseño de los procesos y proyectos en línea con buenas prácticas socio ambientales.

- Financiamiento para ejecutar proyectos de inversión.
- Normativas o políticas gubernamentales.
- Tarifa Técnica para la cobertura de los Costos Totales de Largo Plazo de Metro.
- Accidentes laborales significativos.
- Pérdida de información y know how.

De los 11 riesgos estratégicos, el de “Averías o fallas con consecuencias graves para las personas y/o la operación”, es una de las más importantes, sino la más importante.

Para la compañía la mejora continua es fundamental, principalmente en la operación. Es por ello que desde el 2014 se concibió un proyecto llamado “Plan de averías de alto impacto” por un monto de 105 millones de dólares, el cual busca bajar la probabilidad de ocurrencia de este tipo de fallas y minimizar el impacto en caso de que éstas ocurran.

#### Ciclo de continuidad operativa de trenes.

El poder dar Continuidad Operativa de manera de evitar las averías, implica contar con la disponibilidad de partes y piezas de los equipos y sistemas con los que opera la red de Metro S.A. Actualmente la Gerencia de Mantenimiento cada semestre remite a la Gerencia de Abastecimiento un Plan de Necesidades, donde indica los materiales y su stock mínimo para los próximos 2 años móviles. El área de Logística de la Gerencia de Abastecimiento toma esta información, planifica, organiza y elabora un Plan de Compras. Dado este plan se va creando y liberando las Solicitudes de Pedido (SOLPED) en SAP MM, las que posteriormente se gestionan su compra para que estén disponibles para las mantenciones.

El Plan de Necesidades que efectúa la Gerencia de Mantenimiento respecto de las cantidades que deben disponer en bodega para poder realizar las mantenciones preventivas y correctivas, se basa en el conocimiento empírico del personal que efectúa el mantenimiento. Es decir, las cantidades plasmadas en el Plan de Necesidades son estimaciones (por experiencia) personales. Y no de acuerdo con la vida útil del material (kilómetros recorridos, temperaturas expuestas, presiones a las que está sometido el material, etc).

Dado todo lo anterior, y de acuerdo con la información levantada con la Gerencia de Mantenimiento, existe la siguiente oportunidad de mejora:

La compra de materiales se basa en el conocimiento experto del personal de mantenimiento (y no por ejemplo con la vida útil (km recorridos, temperatura expuesta, etc. de las partes y piezas).



Lo anterior conlleva al momento de determinar el ¿Qué? ¿Cuándo? y ¿Cuánto? comprar, se efectúe en base a una estimación hecha por la experiencia del personal. Esta experiencia se traduce en cantidades de “material mínimo”, reflejado en el Plan de Necesidades.

El no contar con un sistema de estandarizado, provoca que:

- Los niveles de inventarios no sean los óptimos.
- La periodicidad de la compra sea irregular.
- Exista una variabilidad del stock. Es decir, inflación o deflación de partes y piezas en bodega.
- Se tengan elementos no necesarios o en desuso.
- El presupuesto este desajustado.

Por otro lado, de acuerdo con el Plan de Necesidades (emanado desde la Gerencia de Mantenimiento), la Gerencia de Abastecimiento crea un Plan de Compras. El Plan de Compras, es el resultado de efectuar un análisis de los datos históricos de compras versus el Plan de Necesidades. Donde además deben resguardar especial cuidado y control con los materiales que la compañía define como críticos para operación, los que son revisados constantemente por Contraloría Interna.

El Plan de Compras gatilla la Creación y Liberación de SOLPED, los cuales son un input del Proceso de Compras, que por lo demás es uno (1) de los cuarenta y dos (42) procesos críticos en Metro S.A.

En la compañía, la mayoría de las compras son gestionadas y ejecutadas por la Gerencia de Administración y Finanzas. Particularmente estas compras son efectuadas por la Subgerencia de Abastecimiento. Las compras llevadas por esta subgerencia, son las del tipo centralizada. Esto se refiere a que el usuario, requiere que esta área sea la que ejecute el proceso de compra, desde la etapa de cotización hasta la adjudicación del servicio, incluyendo la suscripción del contrato y constitución de garantías.

La Subgerencia de Abastecimiento se conforma de 4 áreas, cuya misión es apoyar la gestión y ejecución de las compras en Metro S.A. La estructura se en torno al tipo de compra, las cuales son:

- Compras Técnicas (CTEC),
- Compras de Servicios (CSER),
- Compras Administrativas (ADM), y
- Logística.

Las áreas se componen de Ingenieros de Abastecimientos, Analistas de Abastecimiento, Especialistas de Seguros y Compras, Supervisores, Encargados de Almacenes e Ingenieros de Planificación y Control Logístico.

La subgerencia de Abastecimiento destina a una persona para revisar las necesidades de compra (SOLPED) recibidas, de tal forma de derivar estos requerimientos a quién corresponda, que en este caso es el comprador de alguna de las áreas (CTEC, CSER o CADM).

La Gerencia de Abastecimiento manifiesta que existe una oportunidad de mejora en la asignación de las compras. Es decir, en la distribución de las SOLPED. Dado que la persona que revisa y distribuye las SOLPED, efectúa su labor de la siguiente manera:

- Lleva a cabo el proceso de asignación de manera manual.
- Utiliza criterios de asignación no están estandarizados, y
- Las asignaciones son de acuerdo a la experiencia.
- Además, de una baja explotación de la data histórica.

Lo anterior, trae consigo diversos impactos para la subgerencia de abastecimiento:

- Desequilibrios en la carga de trabajo de quienes compran.
- Holgura en tiempos de inicio del proceso desde su asignación.
- Bajo agrupamiento de artículos.
- Costos en HH dedicadas a la asignación.
- Tiempos administrativos en exceso para el proceso de compra.
- Re-procesos debido a reasignaciones de compra.

### **3.2.2. Análisis de los datos**

En el año 2007, con la implementación del Sistema Público de Transporte Transantiago, Metro incrementó su afluencia en 81%. Pasando de 350 millones de viajes el año 2006 a los 600,8 millones de viajes en el año 2007.

En el año 2018, la afluencia de pasajeros en la red alcanzó a 721,0 millones de viajes, lo que significa un aumento de 5,2% respecto al año 2017. De ellos, un 30,9% realizó viajes en horario punta y un 69,1% en horario valle.

La afluencia del año 2018 se distribuyó como sigue: Línea 1: 38,6%; Línea 2: 16,8%; Línea 4: 16,5%; Línea 4A: 2,8%; Línea 5: 19,9%; y Línea 6: 5,4%. La afluencia media por día laboral, en el año 2018, llegó a 2,5 millones de viajes.

En la actualidad, Metro participa en más de un 60% de todos los viajes del transporte público de Santiago. Dada la magnitud de viajes diarios que Metro debe manejar, y bajo los objetivos de excelencia que se plantea como

empresa, el servicio de transporte entregado debe ser de la más alta calidad posible. En ese sentido, un elemento fundamental a observar es la continuidad operacional de los trenes. Esta debe ser suficiente para satisfacer la demanda de pasajeros, además del paso de trenes a intervalos regulares para minimizar los tiempos de espera de sus usuarios.

Por lo anterior, Metro S.A. cuenta con un Plan de Mantenimiento que tiene por objetivo asegurar cada activo de la compañía. Durante una auditoría de la Contraloría General de la República, en 2014 se detectó que el plan de mantenimiento en trenes solo se cumplía al 50%. Durante 2018, este cumplimiento fue de un 97,3%, tasa que ha venido mejorando sostenidamente desde el 2015. Hoy en día, este indicador es de 92% en trenes de neumático y 97% para trenes de acero. Similar situación ocurrió en otros activos, como en la mantención de vías, aumentando de un 80,3% de cumplimiento en 2014, a un 96,7% en 2018.

La cantidad de averías que se ocurrieron el año 2018, alcanzó la cantidad de 5.583. Si se compara con el año 2014 a nivel de cumplimiento del Plan de Mantenimiento tenemos una mejora ostensible, tal como se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 7. Cumplimiento de mantenimiento por año.*

<b>Cumplimiento del Plan de Mantenimiento</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Sistema y Energía	99%	99%	99,1%
Estaciones y Servicios	99,7%	96%	99,7%
Vías	80,3%	96%	96,7%
L6	N/A	N/A	99,5%
Cota material rodante neumático	89%	93%	92,0%
Cota material rodante acero	95%	98%	97,0%

Las principales averías que se generaron en el 2018 son: las de Tracción Frenado con 1266, representando el 22.68%. Control y Comando con 728, representando el 13,04% y Sistemas de Puertas con 943, representando 16,89%. En tabla siguiente se muestra todos los tipos de averías ocurridas en el año 2017 y 2018.

Tabla 8. Distribución de averías 2017/2018

Sistemas	Número de Averías 2017	%	Número de Averías 2018	%
Tracción Frenado	1204	21,45	1266	22,68
Control Comando	898	16,00	728	13,04
Sistemas de puertas	889	15,84	943	16,89
Mecánica-boggie	525	9,35	487	8,72
Caja	418	7,45	396	7,09
Equipos electrico	259	4,62	311	5,57
Pilotaje automático embarcado	257	4,58	308	5,52
Bloqueo de tren	230	4,10	232	4,16
Equipos neumáticos	228	4,06	276	4,94
Averías varias	213	3,80	229	4,10
CBTC embarcado	185	3,30	108	1,93
Sistema de comunicación	148	2,64	119	2,13
Confort	73	1,30	51	0,91
Información	26	0,46	42	0,75
Frenado Largo	24	0,43	24	0,43
Deslocalizaciones	20	0,36	16	0,29
Tetra embarcado	12	0,21	44	0,79
Daños a equipos e instalaciones	3	0,05	3	0,05
<b>Total</b>	<b>5612</b>	<b>-</b>	<b>5583</b>	<b>-</b>

En la tabla siguiente se muestra, el porcentaje de las averías por año, siendo las del año 2017 un 7,6% y las del 2018 un 6,5%, presentando una baja de 1,1 puntos porcentuales, alcanzando la tasa más baja en los últimos 4 años.

Tabla 9. Distribución de averías por año y por línea.

Línea	2017	2018
L1	6,90%	5,20%
L2	11,40%	9,60%
L4	2,90%	2,20%
L4A	2,90%	5,90%
L5	9,30%	8,60%
L6	n.d.	4,50%
<b>Red Metro</b>	<b>7,69%</b>	<b>6,50%</b>

El poder dar Continuidad Operativa de manera de evitar las averías, implica contar con la disponibilidad de partes y piezas de los equipos y sistemas con

los que opera la red de Metro S.A. Actualmente la Gerencia de Mantenimiento cada semestre remite a la Gerencia de Abastecimiento un Plan de Necesidades (estimaciones no estandarizadas de partes y piezas necesarias para las mantenciones), donde indica los materiales y su stock mínimo para los próximos 2 años móviles. El área de Logística de la Gerencia de Abastecimiento toma esta información, planifica, organiza y elabora un Plan de Compras. Dado este plan se va creando y liberando las Solicitudes de Pedido (SOLPED) en SAP MM, las que posteriormente se gestionan su compra para que estén disponibles para las mantenciones.

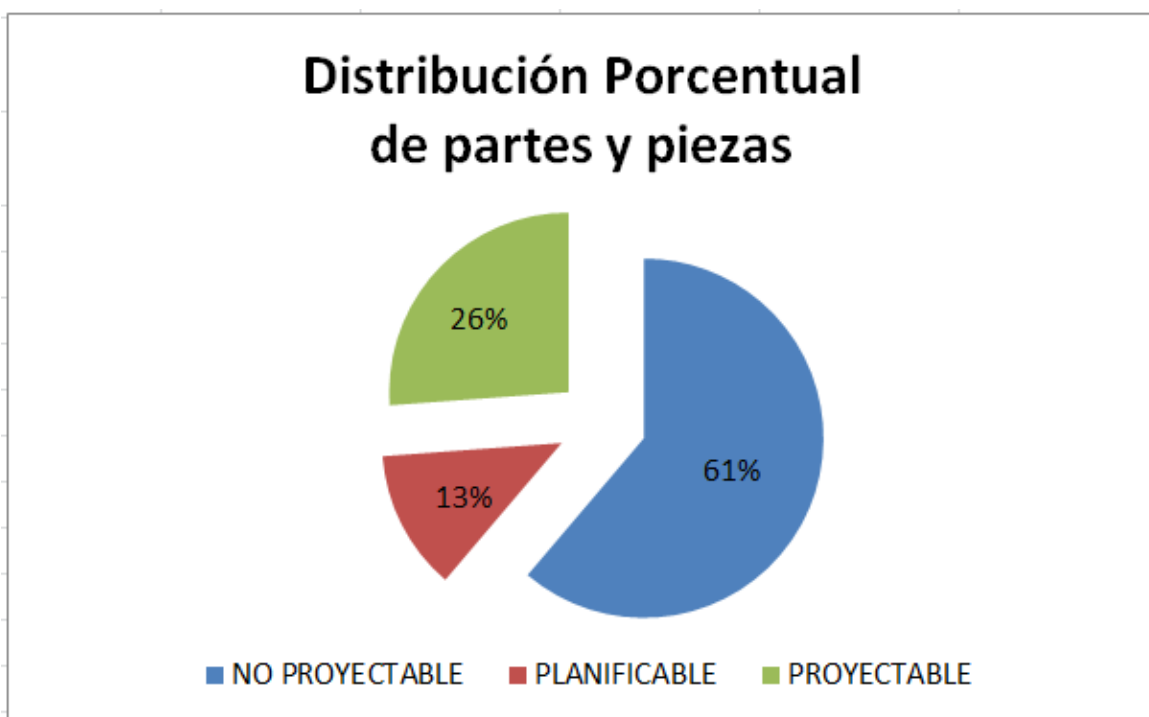
El Plan de Necesidades se estructura o se clasifica en elementos “Proyectables”, “No Proyectables” y “Planificables”.

Los elementos (o partes y piezas) Proyectables, es parte de la Mantención Preventiva y son todos aquellos elementos que se cambian regularmente. Estos elementos tienen un punto de pedido, en la que se considera una variable tiempo de reposición y una variable de consumo. Los elementos (o partes y piezas) No Proyectables, son todos aquellos en el que no se puede determinar un consumo periódico futuro. Lo que quiere decir, es que cuando ocurre una avería, entonces, se cambia la pieza, en otras palabras, son elementos que se utilizan en la Mantención Correctiva. Y los elementos (o partes y piezas) Planificables, son aquellos que en algún momento en el periodo móvil, tienen un pick de consumo. No Forma parte de la mantención.

De acuerdo con el último Plan de Necesidades de fecha 03-07-2019, la cantidad de partes y piezas necesarias para las mantenciones son las que se muestran a continuación:

*Tabla 10. Clasificación de los elementos.*

<b>Clasificación de los elementos</b>	<b>Cantidad</b>
NO PROYECTABLE	5.272
PLANIFICABLE	1.086
PROYECTABLE	2.254
<b>Total general</b>	<b>8.612</b>



*Ilustración 21. Distribución porcentual de los elementos*

*Fuente: elaboración propia:*

De los 8.612 partes y piezas necesarias, se tiene que el 61% (5.272) corresponde a elementos No Proyectables, es decir, elementos que se deben tener en Stock para Mantenimiento Correctiva. Sólo el 26% de los elementos son para la mantención preventiva. Y el 13 % son elementos que se deben cambiar.

Los 8.612 elementos necesarios para los siguientes 2 años móviles (julio 2019-Julio 2021), representan en términos económicos MM \$36.000 aproximadamente. De los cuales los elementos para la mantención preventiva representan el 22%. El 28% del monto es para los elementos que se deben cambiar. Y el 50% del monto representa elementos para la Mantención Correctiva, es decir, que no necesariamente se requieren y tampoco se sabe con exactitud cuántos elementos se necesitaran.

Tabla 11. Presupuesto de los elementos.

Clasificación de los elementos	Suma de PxQ SM
PLANIFICABLE	9.949.476.775
PROYECTABLE	7.827.670.129
NO PROYECTABLE	18.109.236.117
<b>Total general</b>	<b>35.886.383.021</b>

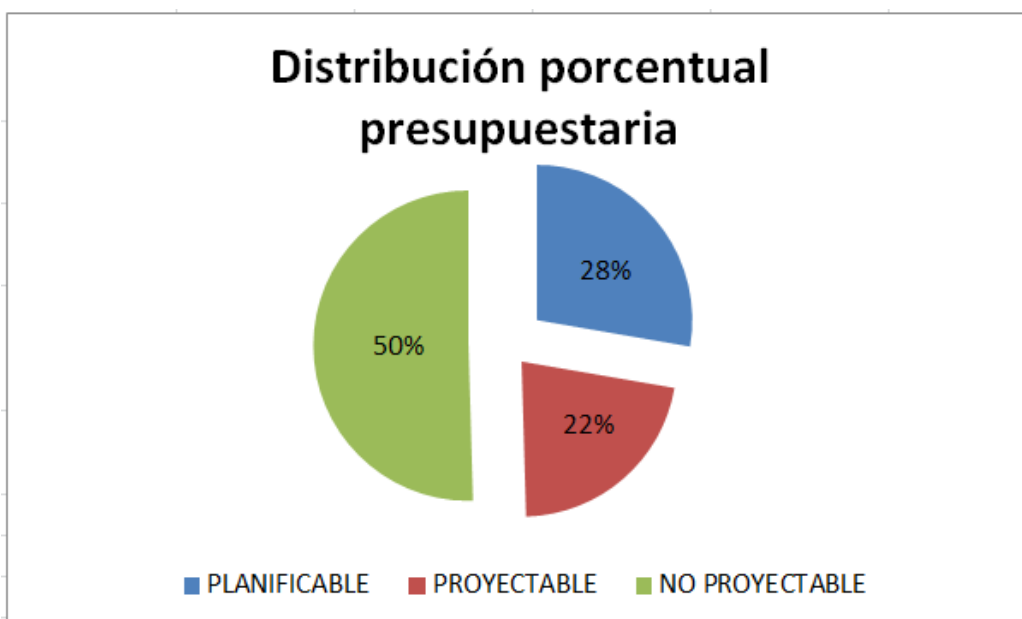


Ilustración 22. Distribución porcentual del presupuesto.

Fuente: elaboración propia

Efectuado el análisis de los datos disponibles, en referencia a los elementos en bodega más los elementos que están en tránsito (en proceso de compra) versus los elementos las compras históricas y el stock mínimo (de acuerdo con el Plan de Necesidades), se puede comentar que el monto de lo que se requiere comprar para cumplir con el Stock Mínimo, asciende a la suma de MM\$ 19.000 aproximadamente. De los cuales el 19% de los costos son elementos que se utilizarán en algún cambio. El 30% es presupuesto para la

Mantenimiento preventivo. Y el 51% del presupuesto será ocupado por mantenimientos correctivos.

Tabla 12. Montos mínimos por elemento.

Clasificación de los elementos	Suma de PxQ faltante
PLANIFICABLE	3.589.923.032
PROYECTABLE	5.679.540.354
NO PROYECTABLE	9.672.077.829
<b>Total general</b>	<b>18.941.541.216</b>

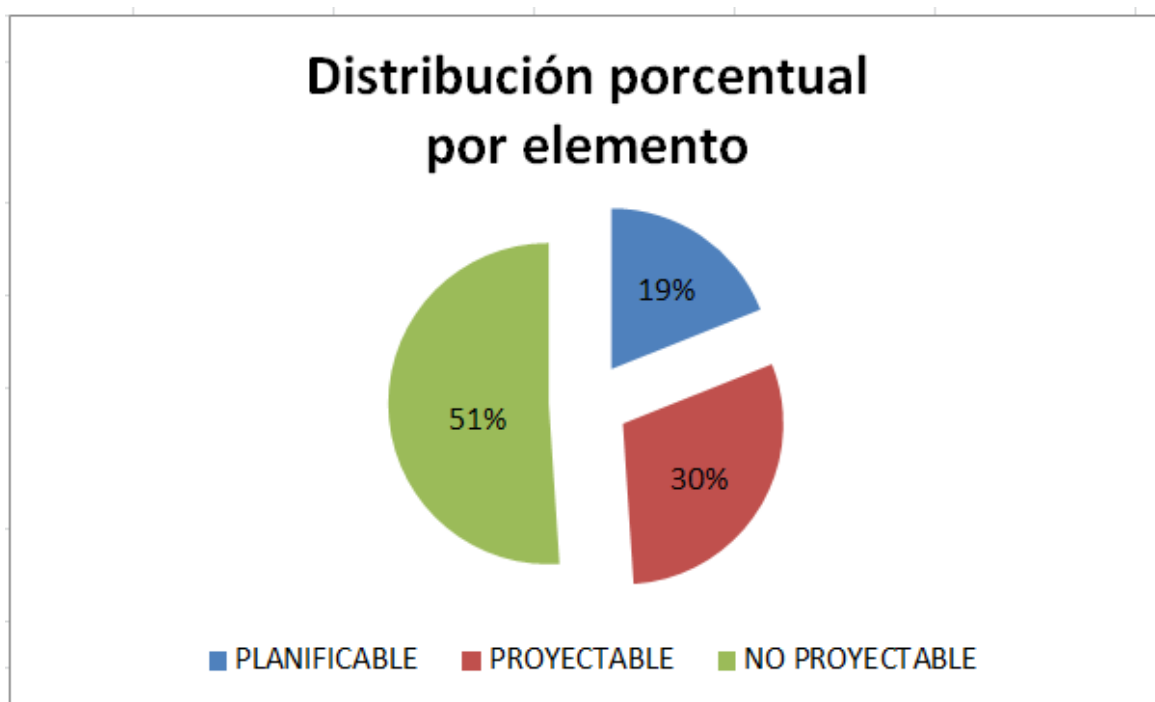


Ilustración 23. Distribución porcentual mínima por elemento.

Fuente: elaboración propia

Así también, si queremos ver sólo en términos de compras histórica, tenemos que debiésemos tener una valorización del Plan de Necesidades de MM\$ 21.488 aprox. Y no MM\$ 35.886. Lo anterior, re-afirma la oportunidad de mejorar la manera en que se determina el ¿Qué? y ¿Cuánto? comprar.



Tabla 13. Valorización del plan de necesidades.

Clasificación de los elementos	PxQ Proyección	Suma de PxQ SM
SG TRENES NEUMÁTICOS	15.426.376.658	24.411.771.785
SG TRENES ACERO Y VÍAS	3.790.272.598	4.538.928.710
SG INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	1.790.027.391	2.777.330.598
SG SISTEMAS	475.454.684	4.153.381.692
SG CALIDAD	6.432.877	4.970.236
<b>Total general</b>	<b>21.488.564.207</b>	<b>35.886.383.021</b>

Los 8.612 elementos faltantes (Planificable, Proyectable y No Proyectable) y que se deben adquirir por un monto MM\$ 19.000, son parte del Plan de Compra que realiza el área de abastecimiento. De acuerdo con la planificación interna del área, se establecen fechas en las cuales se gatillan las compras, es decir, se crea y libera las Solicitudes de Pedido (SOLPED) en SAP MM. El momento en el cual se crean y liberan las SOLPED, es de acuerdo a un polinomio que considera principalmente: la rotación, clasificación (crítico o no), consumo, cobertura.

Estas SOLPED, son las que llegan al área de Abastecimiento, son revisadas por una persona y distribuida a un comprar de acuerdo con criterios no estandarizados. De acuerdo con el monto, este tipo de compra representan un poco más del 60% de lo que compra abastecimiento.

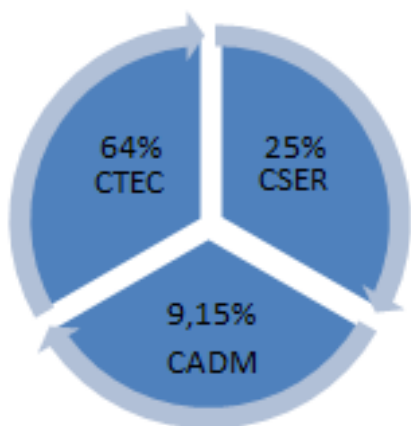


Ilustración 24. Distribución porcentual de compras y su tipo.

Fuente: elaboración propia

Considerando que, en el año 2018, se generaron 3490 Solicitudes de Pedido, las que se traducen en 11.662 posiciones. Lo que significa que cada una de ellas puede ser asignada a uno de los compradores de las áreas de CTEC, CSER y CADM. Dado lo anterior, se puede señalar que la asignación es una tarea de envergadura, de alto riesgo y estratégica.

Si consideramos las magnitudes, sólo en enero de 2020 se han recibido 402 SOLPED centralizadas. En el año 2019 en total fueron 2.467 SOLPED Centralizadas con 7632 Posiciones, las que se traducen en 7632 asignaciones lo que representan USD 80 millones aproximadamente.

Ahora si consideramos la cantidad de materiales comprados en los últimos 3 años. Donde cada material es una posición en una SOLPED, entonces, tenemos 7.942 SKU para el año 2017, 8353 SKU para el año 2018 y 7116 SKU para el año 2019.

Del total de SKU por año tenemos que en promedio en el 11,71% de los casos se generaron más de una solicitud de pedido para cada SKU. Dentro del porcentaje anterior, en el 62,85% de los casos las dos (2) o más solicitudes de pedido por cada SKU están asignadas a más de un comprador. Lo anterior significa que al menos dos personas distintas hacen las mismas gestiones, pero en tiempos distintos. Y si a eso le sumamos que en un 45,3% promedio de los 11,71% anteriores, los gestores de compras duplicaron esfuerzos al efectuar más de una licitación pública o más licitación privada o más compra directa o más de una cotización, entonces, estamos diciendo que el metro tiene un sobre costo de las compras por año (dado directamente por la asignación de solicitudes de pedido) que alcanza MM\$200.

Por otro lado, si consideramos la forma manual de asignar las compras, se tiene que la distribución de la carga laboral es susceptible de mejoras, ya que, si consideramos las asignaciones de los últimos 3 años para 10 Gestores de compra, tenemos el promedio es de 1.511 asignaciones por año, siendo la diferencia entre el primero y el último de 2.139 asignaciones.

Así mismo, en promedio un 16% de las asignaciones se deben reasignar, por distintos motivos. Lo que significar reprocesos y un costo para la empresa

A continuación, se muestran una serie de tablas e ilustración con datos e información de los procesos activos por área en la subgerencia de abastecimiento:

Tabla 14. Distribución de los procesos de compras actuales.

Área	# Procesos	Presupuesto (UF)
CADM	13	209.851
CSER	21	672.056
CTEC	17	945.305
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>1.827.211</b>

Tabla 15. Distribución de los procesos activos por área y gestor de compra.

Área	Total Procesos Activos	Carga Ponderada Promedio	Prom. % Adherencia a cronograma	Total Procesos en Prep. Bases	Procesos en otras etapas	% de Procesos con Atraso	Total Procesos Atrasados	Total Atrasados 0% -10%	Total Atrasados mayor a 10%	Monto Total Ingenieros	Procesos sin cronograma
CTEC	29	10,4	98%	1	28	41,4%	12	3	9	UF 307.819.301	0
CADM	25	20,0	92%	8	17	48,0%	12	5	7	UF 292.542	0
CSER	16	8,6	98%	0	16	68,8%	11	7	4	UF 223.982	1
SGA	70	13,0	96%	9	61	50,0%	35	15	20	UF 308.335.825	1

Tabla 16. Distribución de los procesos activos por gestor de compra.

Ingeniero	Total Procesos Activos	Carga Ponderada Promedio	Prom. % Adherencia a cronograma	Total Procesos en Prep. Bases	Procesos en otras etapas	% de Procesos con Atraso	Total Procesos Atrasados	Total Atrasados 0% -10%	Total Atrasados mayor a 10%	Monto Total Ingenieros	Procesos sin cronograma
CTEC	ACA	9	14,6	97%	1	8	22,2%	2	1	UF 748.222	0
	PMG	10	7,6	98%	0	10	50,0%	5	0	UF 60.239	0
	RAM	10	19,5	100%	0	10	50,0%	5	2	UF 307.010.839	0
	RNS	0	0,0		0	0	0,0%	0	0	UF 0	0
	VGI	0	0,0		0	0	0,0%	0	0	UF 0	0
CADVI	ABG	11	20,0	92%	4	7	63,6%	7	4	UF 201.576	0
	GEJ	14	20,0	93%	4	10	35,7%	5	1	UF 90.966	0
CSER	AJN	7	15,1	98%	0	7	85,7%	6	4	UF 125.936	0
	JPM	8	10,8	96%	0	8	62,5%	5	3	UF 98.046	1
	JQQ	0	0,0		0	0	0,0%	0	0	UF 0	0
	HMA	1	1,2	100%	0	1	0,0%	0	0	UF 0	0

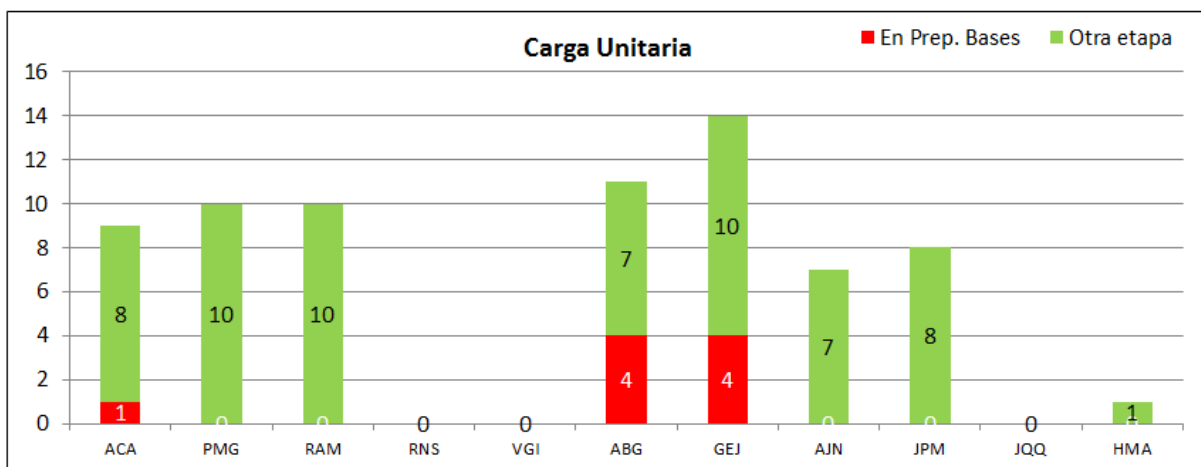


Ilustración 25. Carga unitaria por gestor de compra.

Fuente: elaboración propia

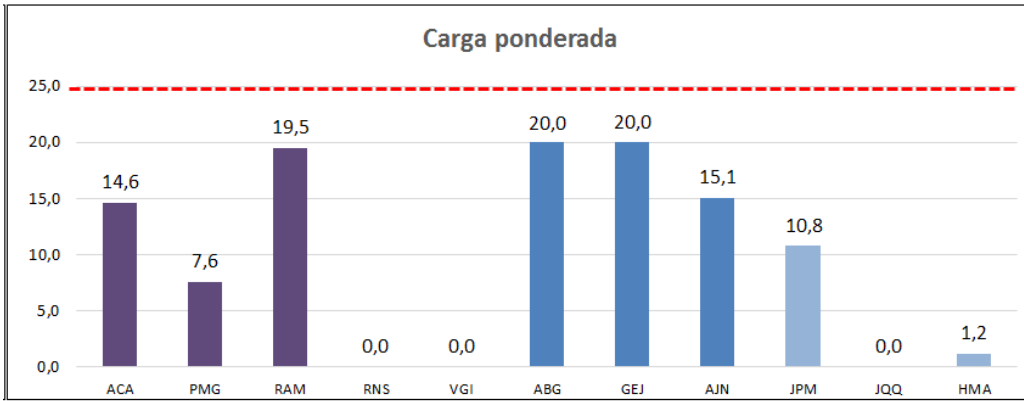


Ilustración 26. Carga ponderada por gestor de compra.

Fuente: elaboración propia

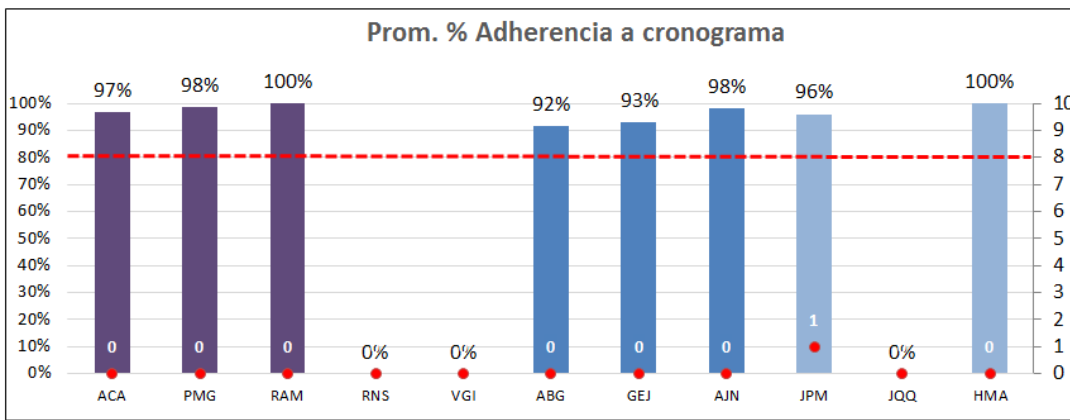


Ilustración 27. Adherencia al cronograma por gestor de compra.

Fuente: elaboración propia

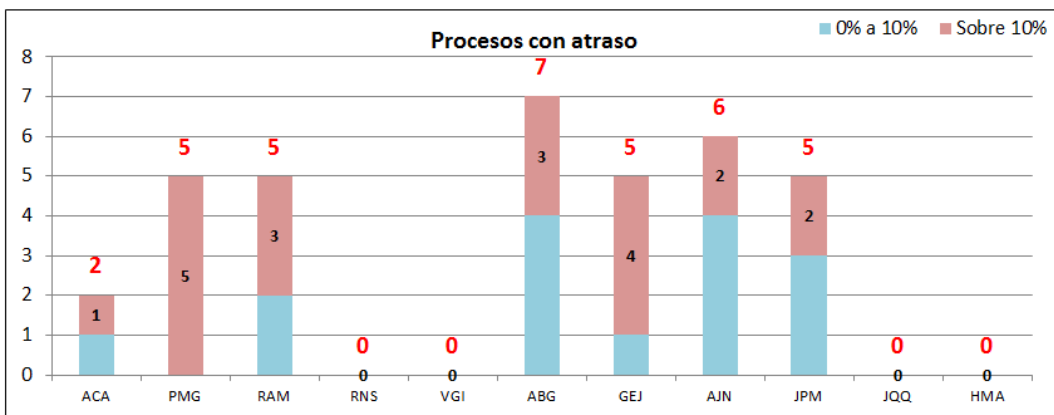


Ilustración 28. Procesos con atrasos por gestor de compra.

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Distribución de los procesos activos por área de compras.

Área	Número total Procesos Activos	Carga Ponderada Promedio	Prom. % Adherencia a cronograma	Total Procesos en Prep. Bases	Procesos en otras etapas	Total % de Procesos con Atraso	Total Procesos Atrasados	Total Atrasados 0% - 10%	Total Atrasados mayor a 10%	Monto Total Ingenieros	Procesos sin cronograma
CTEC	29	8,3	98%	1	28	41,4%	12	3	9	UF 307.819.301	0
CADM	25	20,0	92%	8	17	48,0%	12	5	7	UF 292.542	0
CSER	16	6,8	98%	0	16	68,8%	11	7	4	UF 223.982	1
SGA	70	11,7	96%	9	61	50,0%	35	15	20	UF 308.335.825	1

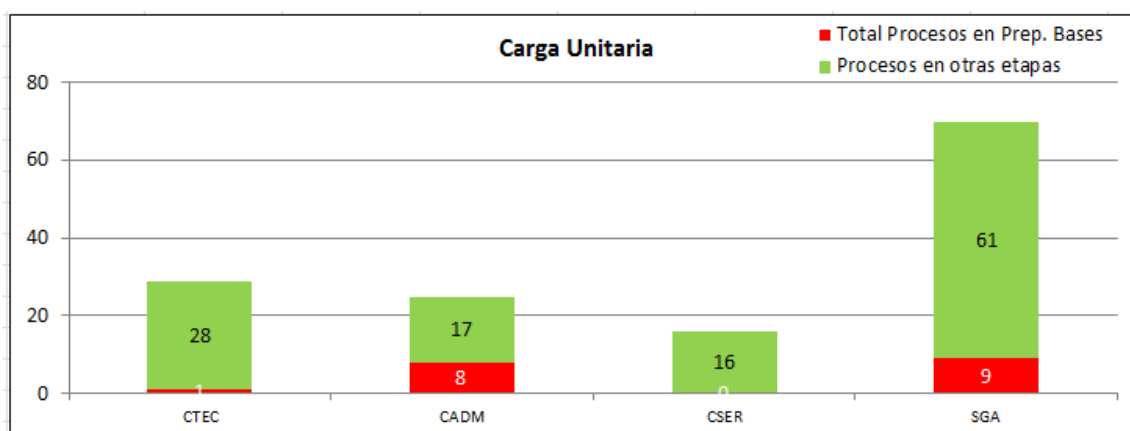


Ilustración 29. Carga unitaria por área.

Fuente: elaboración propia

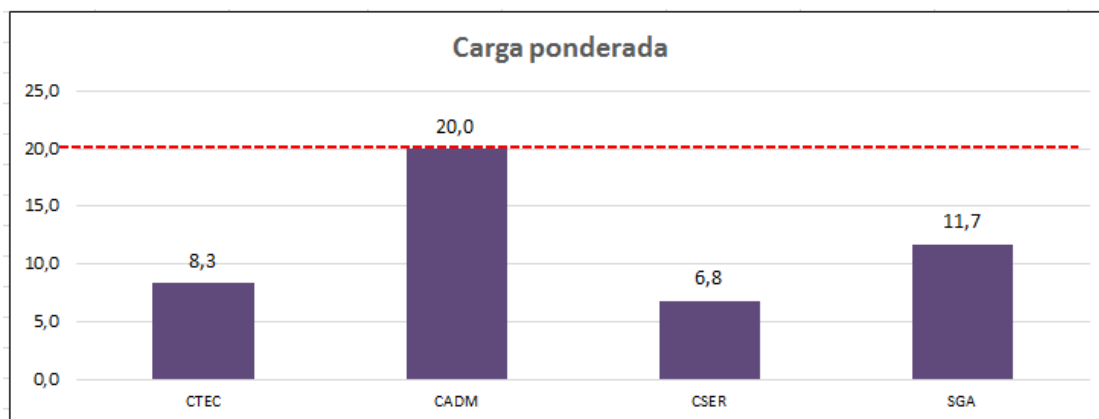


Ilustración 30. Carga ponderada por área.

Fuente: elaboración propia

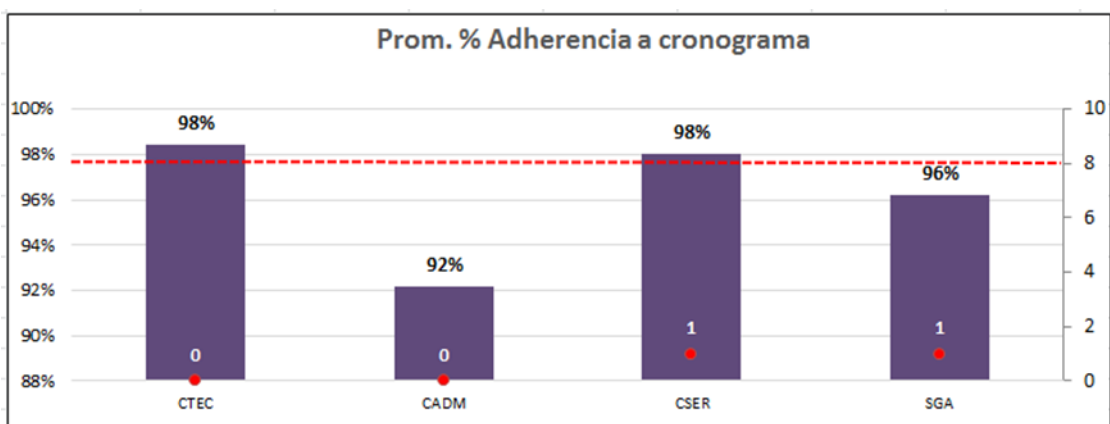


Ilustración 31. Adherencia al cronograma por área.

Fuente: elaboración propia

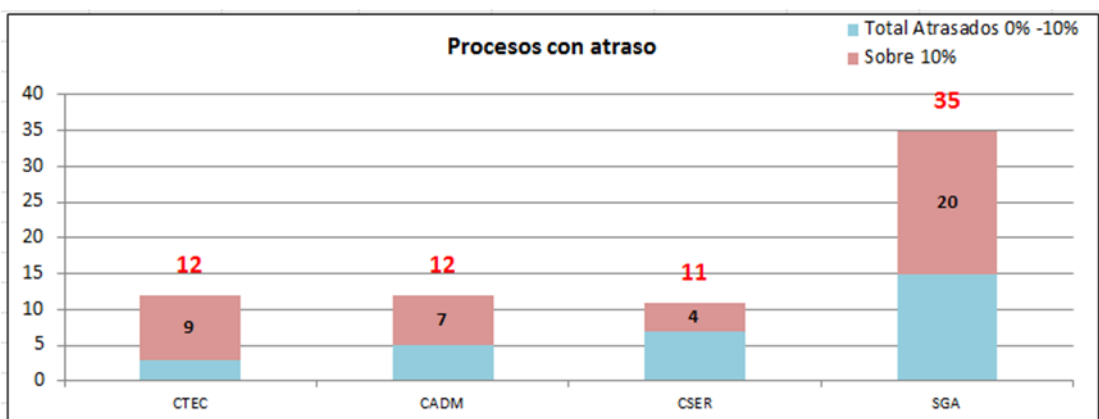


Ilustración 32. Procesos con atrasos por área.

Fuente: elaboración propia

### 3.2.3. Generación de Alternativas

Las alternativas son:

- Continuar de la misma forma. De acuerdo a todo lo dicho por el documento no es factible esta solución. Dado que la Gerencia de Mantenimiento y la de Abastecimiento lo han solicitado, lo requieren y un informe de contraloría lo exige.
- Automatizar todo el proceso. No es plausible, debido a que el análisis determino que por la cultura organizacional y la sofisticación de la solución pone en riesgo el proyecto.
- Implementación Paulatina o por etapas. Es la que recomendable y la que se acordó con la jefatura.

### 3.2.4. Evaluación de Alternativas

Cada alternativa fue evaluada en su mérito, de acuerdo con la información levantada, de acuerdo a la cultura, de acuerdo a los riesgos y de acuerdo a la recomendación del alumno MBE. Por lo anterior, se determinó aplicar la solución tres (3).

### 3.2.5. Dirección de Cambio y Alcance

Tabla 18. Dirección cambio y alcance.

TIPO	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA
<b>Anticipación</b>	<p>Criterios no estandarizados respecto de la compra de partes y piezas y para la asignación del requerimiento de compra al gestor.</p> <p>Agrupamiento de compras de acuerdo con las entradas posteriores (2 días) del requerimiento.</p>	<p>El modelo debe ser capaz de considerar los requerimientos de los elementos su respectiva asignación del gestor de compra.</p> <p>Clave: Mantenición de estado, Planificación y Colaboración (mediante flujos entre actividades).</p>
<b>Prácticas de trabajo</b>	<p>Actualmente el proceso es llevado de manera manual mediante criterios dados por la experticia y registrados manualmente en SAP.</p>	<p>Apoyo sistémico de las políticas, procedimiento y criterios de asignación.</p> <p>Establecer asociaciones entre las metodologías y procedimientos. Por ejemplo: que la actualización de las compras de mantenimiento que se realiza cada 6 meses para 2 años móviles pase de manual a automática.</p>
<b>Integración de procesos conexos</b>	<p>La compra y asignación es ejecutada de manera manual.</p>	<p>Integrar tecnológicamente el proceso de compra a la necesidad de ejecución de la compra. En lo referido al elemento a comprar y su gestor.</p>
<b>Apoyo computacional</b>	<p>Existen reglas que ahora se aplican de manera intuitiva y con estilo personal.</p>	<p>Formalizar reglas de negocio.</p>
<b>Coordinación</b>	<p>Existe colaboración entre distintas áreas que participan en el proceso, pero no de manera sistemática</p>	<p>Con el apoyo computacional, existirá una plataforma con información de las asignaciones.</p>

### 3.3. Propuesta de Solución

#### 3.3.1. Arquitectura de procesos

Una vez analizada la información levantada. Y considerando los macroprocesos con el sentido y objetivo de ellas, más los antecedentes del problema, por ejemplo: en un periódico de circulación interna de metro, en la edición del 11 de enero de 2019, el jefe del CREE (Centro de Reparaciones Electrónicas de Excelencia) señala “Si los repuestos a los que realizamos mantenimiento no están disponibles en el pañol, el tren queda detenido y es el pasajero el que lo reciente, con una menor calidad del servicio. El impacto que tiene nuestra área es muy alto”.

Dado lo anterior, se puede evidenciar que el proyecto no está ubicado en el macroproceso de Recursos Habilitadores, sino que dado que afecta a la operación el proyecto impacta positivamente en la cadena de valor de metro, o sea, en el macroproceso de Operación de Transporte.

En la imagen siguiente se ilustra los macroprocesos de Metro S.A., enmarcando en rojo la operación de transporte, que es donde impacta el proyecto. Y en enmarcado en azul donde la situación actual indica que esta.

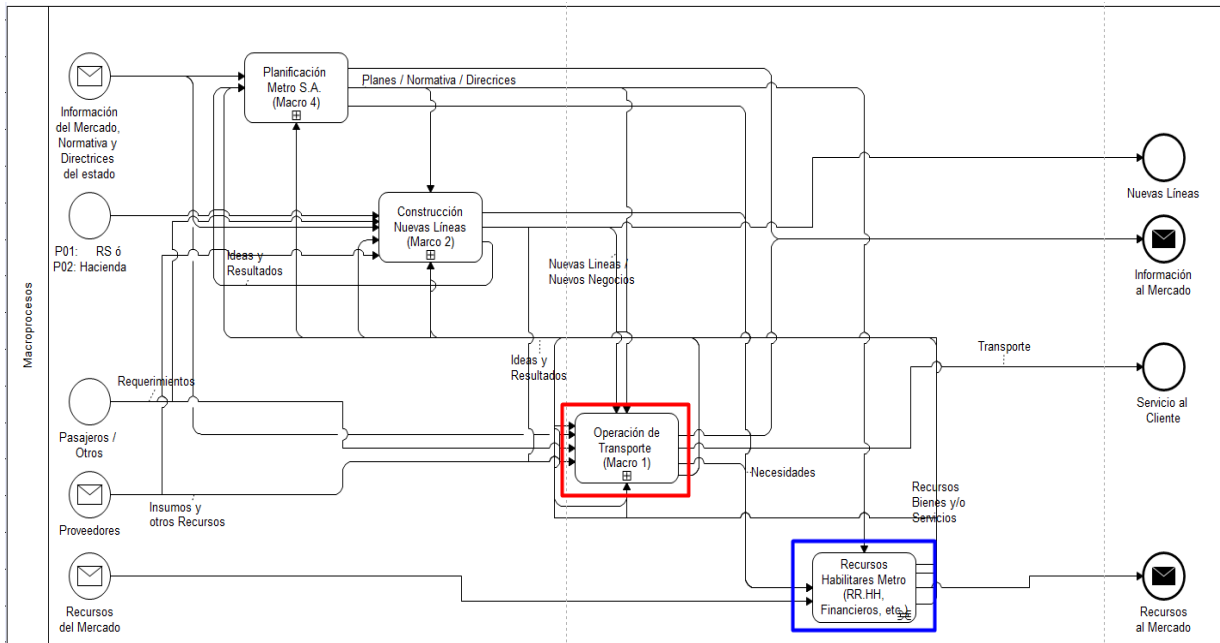


Ilustración 33. Macroprocesos metro s.a.

Fuente: elaboración propia



La primera instanciación de la macro 1 de Operación es Transporte, muestra que el proyecto se encuentra en la “Administración con Proveedores / Contratistas”, dado que es la instancia donde se podrá relacionar el proveedor con la ejecución de las compras. El demás proceso es “Administración de la Relación con el Pasajero”, “Gestión de la Operación y Entrega del Servicio”, “Operación de transporte de pasajeros” y la correspondiente “Mantención de estado”.

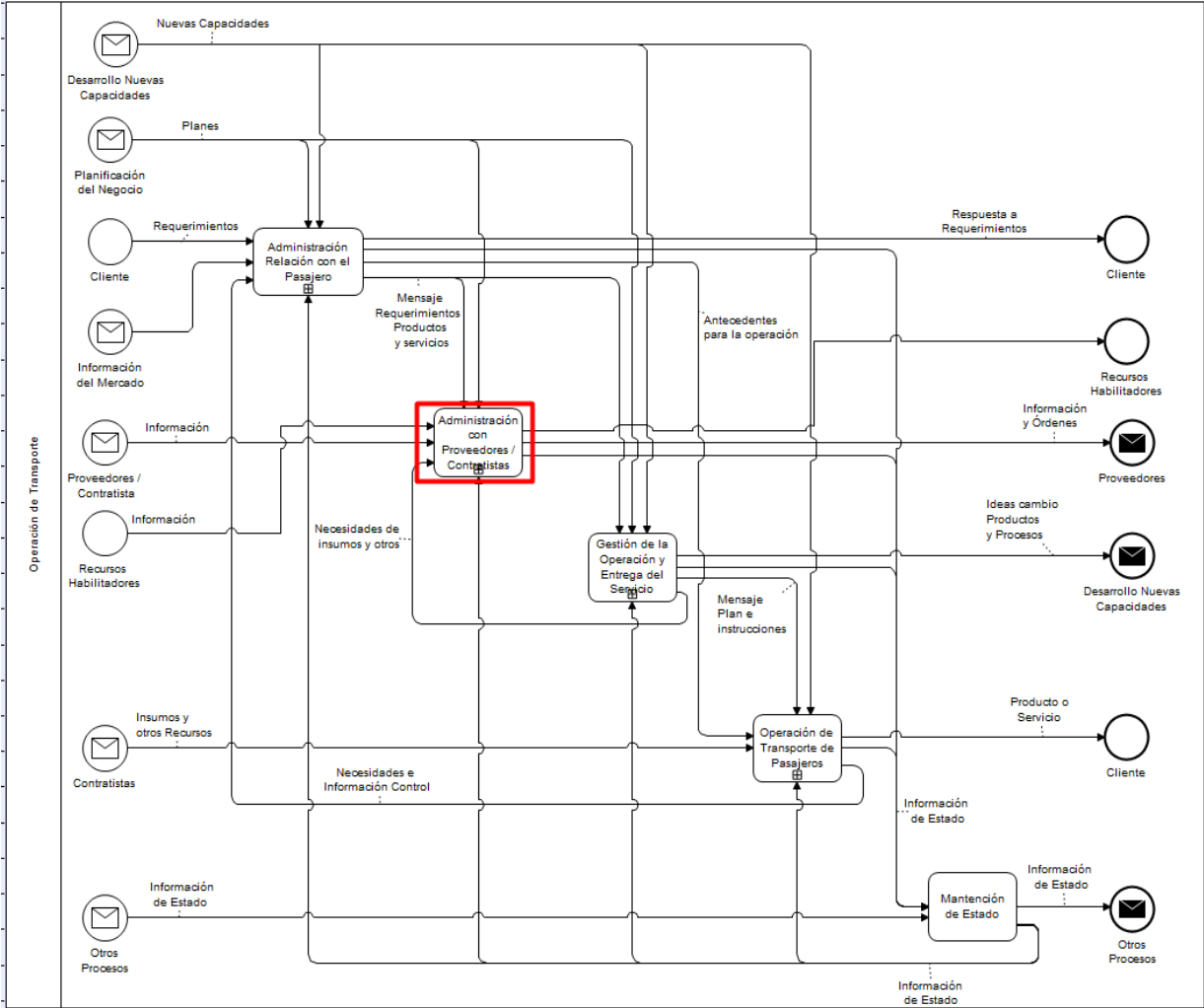


Ilustración 34. Instanciación del macroproceso 1 de operación de transporte.

Fuente: elaboración propia

La segunda instanciación, corresponde a la de “Administración con Proveedores y Contratistas”, se muestra que el proyecto se encuentra la “Planificación de Compras y Decisión del Proveedor”, que es el proceso donde

se generará el Plan de Compras por el Área de Logística. El demás procesos son “Especificación de partes y piezas”, “Precisiones de Partes y piezas”, que es el proceso de Mantenimiento donde se identificaran las partes y piezas que se requieren para la Mantención Preventiva y se traducirá en el Plan de Necesidades. Y el proceso de “Seguimiento de Órdenes de Compra”, ya del área de Abastecimiento.

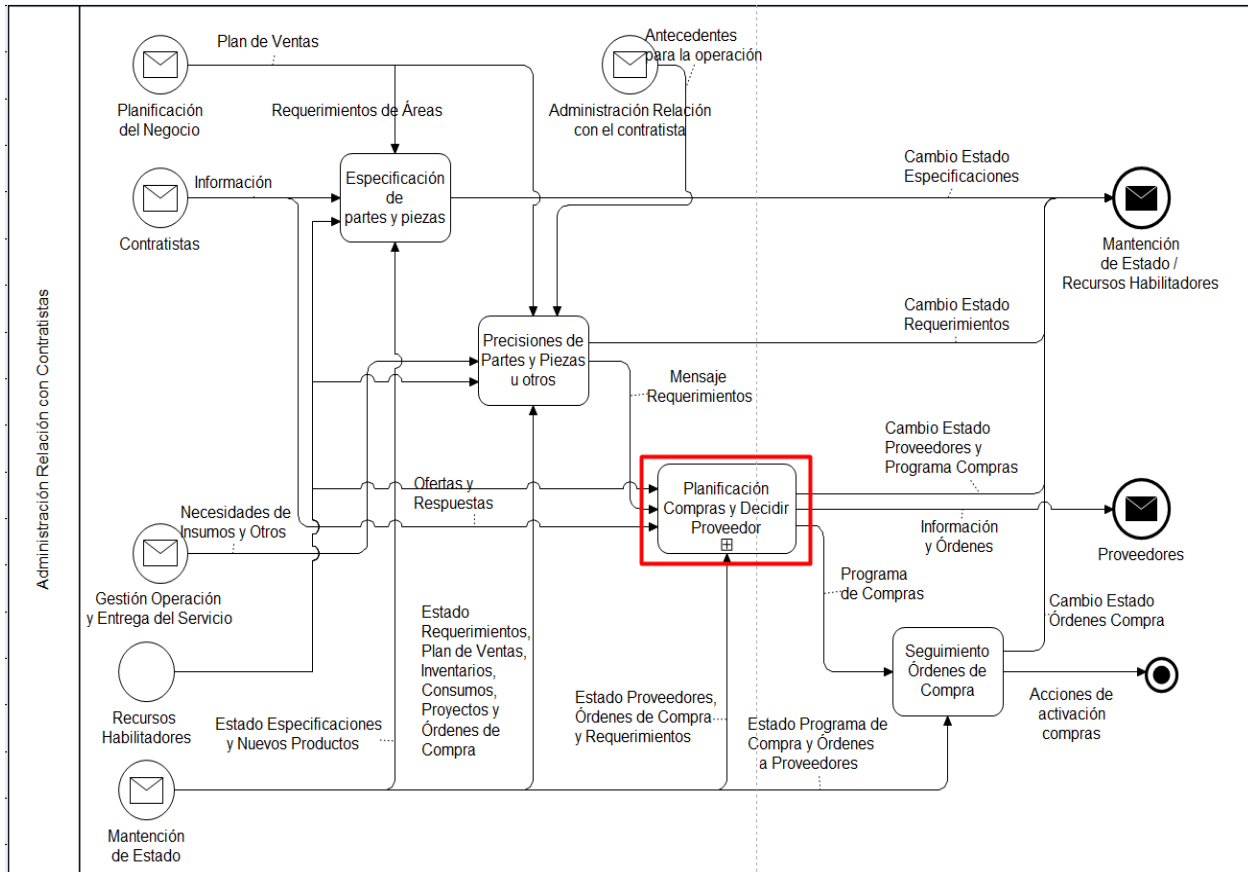


Ilustración 35. Instanciación del Macroproceso de administración con proveedores / contratistas.

Fuente: elaboración propia

La tercera instanciación, corresponde a la de “Planificación de Compras y Decisión del Proveedor”, se muestra que el proyecto se encuentra en el proceso “Asignar Compras Centralizadas”. Los demás procesos son “RFL, RFQ, RFP”, “Evaluación de las ofertas”, “Negociación” y “Selección de Proveedor, modalidad de compra y entrega”.

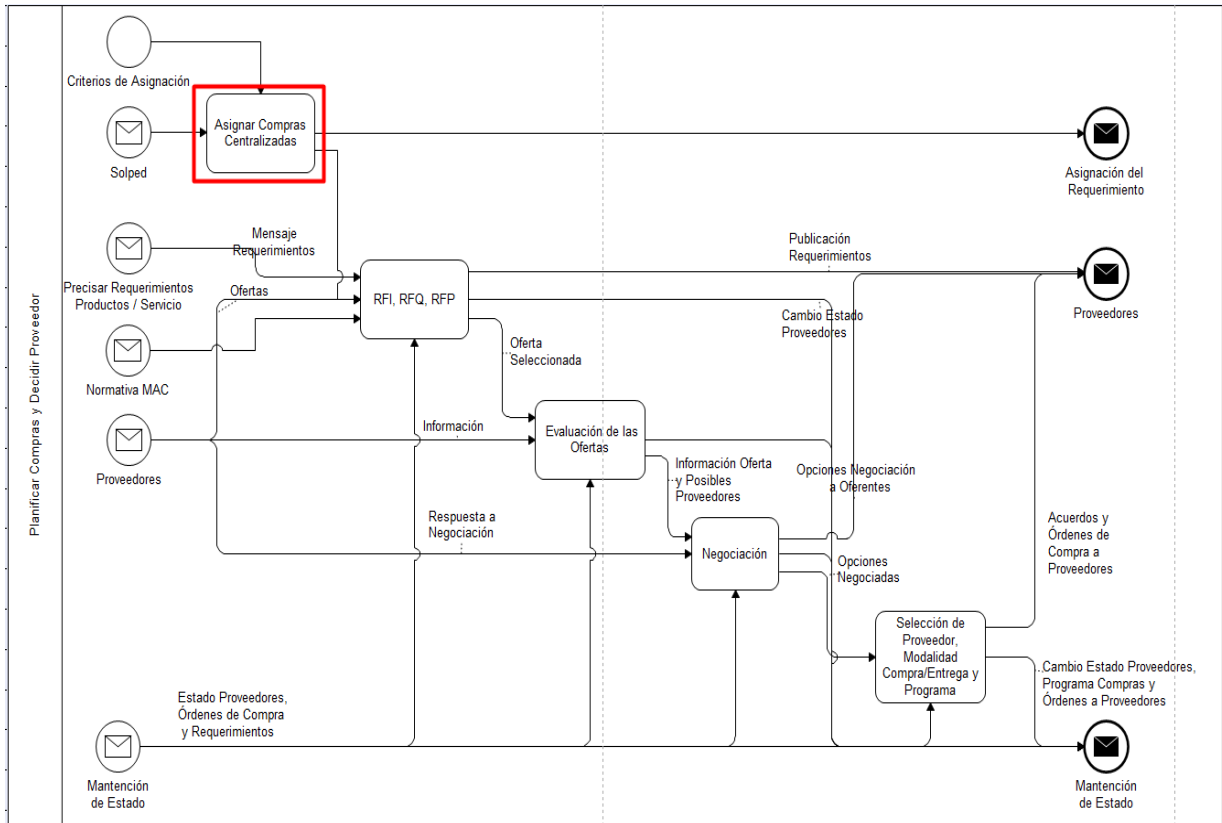


Ilustración 36. Instanciación del proceso de planificación de compras y decisión del proveedor.

Fuente: elaboración propia

### 3.3.2. BPMN Rediseño del proceso de Asignación de Req. de Compra

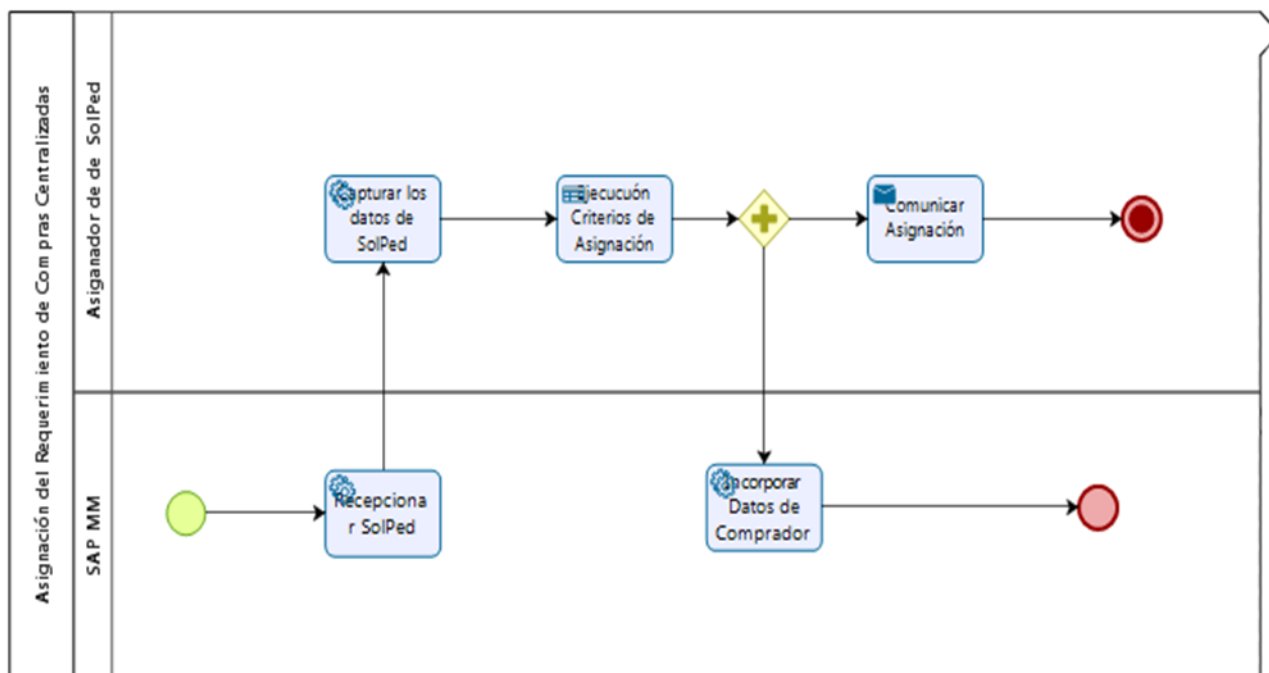


Ilustración 37. BPMN del re-diseño de proceso de asignación de compras.

Fuente: elaboración propia

### 3.3.3. Diseño de la solución

Del estado del de arte se puede señalar que no existe un modelo global que analice la asignación de solicitudes de pedidos. Si no más bien existen diferentes soluciones parciales para diferentes problemáticas.

En el caso, de la asignación de las solicitudes de pedido (SOLPED) en el área de abastecimiento, se trata de encontrar el emparejamiento de la SOLPED con el Gestor de compra. No cualquier gestor le puede ser asignado cualquier solicitud de pedido. Pero si una solicitud de pedido asignada a un solo gestor de compra.

Los criterios de asignación actualmente son por la especialidad del comprador (o gestor de compra) en temas: compra de herramientas y/o ferretería, repuestos trenes, repuestos ascensores y torniquetes, insumos de vías, insumos eléctricos, electrónicos y tecnología, contratos marco, instrumentación, EPP, Equipamiento de oficina, insumos químicos, entre otros. Del contexto anterior, se puede señalar que se tiene un número finito de gestores de compra y un número finito de solicitudes de pedido que se deben emparejar.

Como parte del cambio sobre el diseño del proceso, la lógica planteada se centra en la creación de un Sistema Experto, que sea capaz de adquirir y administrar el conocimiento de la asignación de solicitudes de pedidos. Para ello se deberá crear la base de conocimiento y la base de hechos que apoyará la toma de decisiones de asignación para los gestores de compra.

#### Arquitectura de información

En esta parte se detalla la arquitectura de información utilizada para almacenar datos de la base de hechos e información de la base de conocimiento.

#### Base de Hechos

Deberá contener los datos de entrada proporcionado por el usuario experto en la etapa de adquisición del conocimiento.

La base de hechos tendrá información sobre el proceso de asignación, los pasos y requisitos que se necesita para realizar la asignación.

#### Base de conocimiento

Para la representación de esta se necesitará utilizar reglas, y esto se genera relacionando los datos de la base de hechos.

Cada regla está formada de una parte denominada premisa y de otra parte llamada conclusión, tiene la siguiente forma:

**SI** premisa **ENTONCES** conclusión

El formato en el que se pretende almacenar la base de conocimiento es:

```
<base_conocimiento>  
  <regla>  
    <premisa> Premisa </premisa>  
    <conclusión> Conclusión </conclusión>  
  </regla>  
</base_conocimiento>
```

#### Motor de Base de Datos

Deberá ser capaz de almacenar la información de los requisitos de asignación, el resultado de las alternativas y reglas elegidas por el sistema.

### Modelo de asignación

El modelo de asignación de basa en las categorías definidas por el área. Se ha privilegiado una solución en escala, comenzando por lo básico; requisitos de admisibilidad de la SOLPED y criterios de asignación; para posteriormente (etapas posteriores del proyecto) ir incorporando cargas de los gestores de compras y el impacto (ponderación de la afectación de la operación) de las compras.

En la tabla siguiente se muestra la estructura de las categorías definidas:

*Tabla 19. Modelo de asignación*

	<b>Categoría</b>	<b>Criterios</b>	<b>Detalle</b>
SOLPED	Centralizada	Sí	El área responsable es la subgerencia de abastecimiento
		No	El área responsable es la unidad que solicita el servicio
	Liberada	Sí	Con las autorizaciones respectivas
		No	Sin las autorizaciones respectivas
Asignación	Tipo de compra	Licitación Pública	Cada tipo de compra tiene sus tiempos, complejidades y trámites
		Convenio Marco	
		Chile Compra	
		Licitación Privada	
		Adquisición	
Directa			

	<p>Cotización Privada</p> <p>Compras Menores (Menores a UF 100)</p>	
Impacto	<p>Afecta operación</p> <p>Compromiso Metro</p> <p>No afecta operación ni compromiso</p>	<p>Para efectos de tesis sólo se considerará el impacto con el gestor de compra capacitado de acuerdo con lo informado la subgerencia de compras.</p>
Gestor de compra	<p>Gestor de compra 1</p> <p>Gestor de compra 2</p> <p>Gestor de compra 3</p> <p>Gestor de compra 4</p>	<p>La clasificación de gestor de compra 1 al gestor de compra 8, está dado por sus competencias. Yendo desde el más competente como gestor de compra 1 al menos competente gestor de compra 2. Es decir, cada gestor de compra tiene asignado un tipo de compra de acuerdo con el impacto.</p>

		Gestor de compra 5	
		Gestor de compra 6	
		Gestor de compra 7	
		Gestor de compra 8	

De acuerdo con la tabla de categorías anterior, se confeccionó el árbol de decisiones respecto a las asignaciones de las solicitudes de pedido y que se muestra en la siguiente figura:



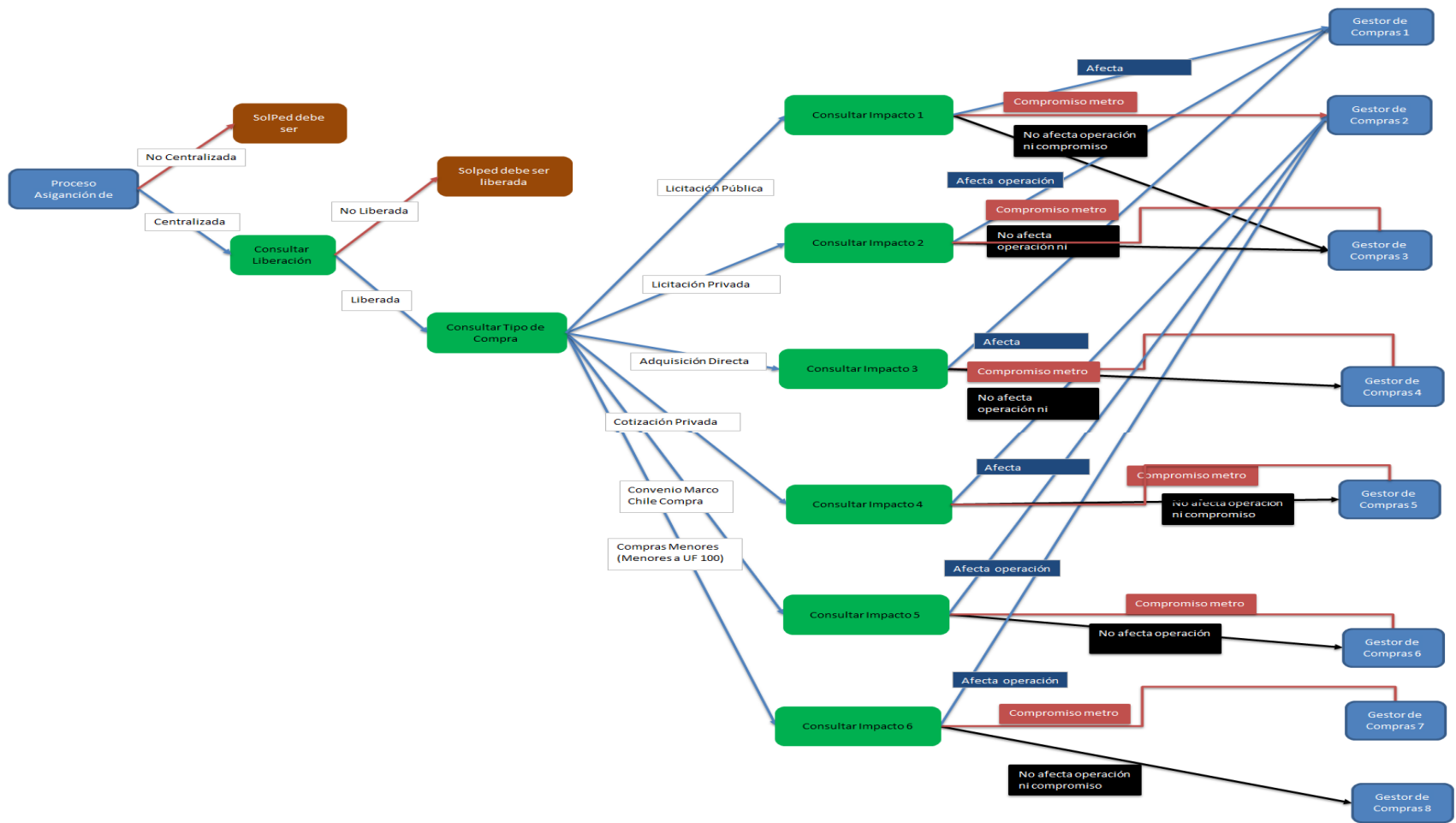


Ilustración 38. Árbol de asignación de compras.

Fuente: elaboración propia

## Reglas

Las reglas en las cuales se basan la toma de decisiones del árbol se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20. Reglas de la solución propuesta.

N°	Detalle de reglas
1	Si SOLPED = centralizada <b>entonces</b> consultar liberación
2	Si SOLPED = no centralizada <b>entonces</b> SOLPED debe ser centralizada
3	Si consultar liberación = liberada <b>entonces</b> consultar tipo de compra
4	Si consultar liberación = no liberada <b>entonces</b> SOLPED debe estar liberada
5	Si consultar tipo de compra = licitación pública <b>entonces</b> consultar impacto 1
6	Si consultar tipo de compra = licitación privada <b>entonces</b> consultar impacto 2
7	Si consultar tipo de compra = adqui. directa <b>entonces</b> consultar impacto 3
8	Si consultar tipo de compra = cotiz. privada <b>entonces</b> consultar impacto 4
9	Si consultar tipo de compra = chile compra <b>entonces</b> consultar impacto 5
10	Si consultar tipo de compra = compras men. <b>entonces</b> consultar impacto 6
11	Si consultar impacto 1 = afecta operación compra 1 <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 1

12	Si consultar impacto 1 = compromiso metro <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 2
13	Si consultar impacto 1 = no afecta op ni comp <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 3
14	Si consultar impacto 2 = afecta operación <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 1
15	Si consultar impacto 2 = compromiso metro <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 3
16	Si consultar impacto 2 = no afecta op ni comp <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 3
17	Si consultar impacto 3 = afecta operación <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 1
18	Si consultar impacto 3 = compromiso metro <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 4
19	Si consultar impacto 3 = no afecta op ni comp <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 4
20	Si consultar impacto 4 = afecta operación <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 2
21	Si consultar impacto 4 = compromiso metro <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 5

22	Si consultar impacto 4 = no afecta op ni comp <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 5
23	Si consultar impacto 5 = afecta operación <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 2
24	Si consultar impacto 5 = compromiso metro <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 6
25	Si consultar impacto 5 = no afecta op ni comp <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 6
26	Si consultar impacto 6 = afecta operación <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 2
27	Si consultar impacto 6 = compromiso metro <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 7
28	Si consultar impacto 6 = no afecta op ni comp <b>entonces</b> asignar a gestor de compra 8

### Tipo de encadenamiento

Para el planteamiento de la propuesta de solución se determinó utilizar el método del encadenamiento hacia adelante. Con el encadenamiento hacia adelante se podrá deducir a partir de los hechos; con esta estrategia, el mecanismo de inferencia verificará el inicio del proceso e intervendrá después de resolver cada regla, para comprobar que la variable objetivo haya sido resuelta.

Si la memoria del trabajo conoce la variable ya no es necesario utilizar el motor de inferencia, el proceso de inferencia se detiene cuando la variable ya ha sido resuelta. La siguiente figura muestra la forma de trabajo del encadenamiento hacia adelante.

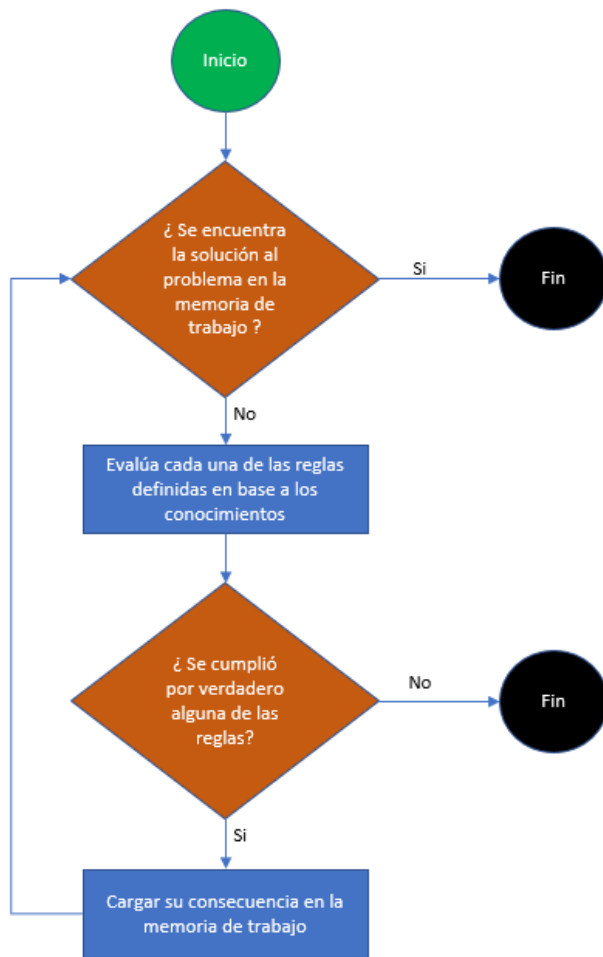


Ilustración 39: Forma en la trabaja el encadenamiento hacia adelante.

### 3.4. Plan de Implementación y Acción

#### 3.4.1. Propósito de la solución.

La solución propuesta deberá ser capaz de identificar al gestor de comprar que adquirirá la parte y/o pieza que debe ser adquirida. Se deberá aplicar lógicas de admisibilidad de las compras y la de asignación.

#### 3.4.2. Supuestos y Restricciones

Se tiene como supuestos y restricciones lo siguiente:

Las restricciones más importantes vendrán dadas de los parámetros generales que serán parte de la identificación de la compra y de su gestor.

Los que sí se deben considerar:

- Centralizadas.
- Liberadas
- Tipo de compras.
- Impacto.
- Cantidad de gestores de compras.
- Competencia de los gestores de compras.

Los que no se deben considerar (serán consideradas en etapas siguientes del proyecto):

- Clasificación de materiales.
- Criticidad de materiales.
- Vida útil.
- Impacto con su ponderación.
- Carga
- Monto de la compra
- Estrategias de liberación.
- Otros.

### **3.4.3. Riesgos Involucrados:**

En el marco de los riesgos identificados en el contexto de la oportunidad de mejora en el proyecto de “Fortalecimiento De Le Toma De Decisiones

En La Asignación De Requerimiento De Compras en Metro S.A.”, se identifican que de los siete (7) riesgos, existen tres (3) que son importante destacar, y que de acuerdo a su exposición de “No Aceptable” se requiere una estrategia para evitar y mitigar, los cuales son: Cambio de prioridades, Cambios de los requerimientos por parte del usuario líder y/o Sponsor y Sofisticación de la solución.

En la siguiente tabla resumen de los riesgos se muestra en la siguiente ilustración:

Tabla 21. Riesgos del proyecto.

Riesgo										Plan de Acción			
ID	Descripción Riesgo	Categoría (según EDR)	Sub-Categoría (según EDR)	Foco					Evaluación cualitativa			Estrategia	
				Estratégico	Alcance	Plazo	Costos	Calidad	Probabilidad (Muy Improbable, Improbable, Moderado, Probable, Casi Certeza)	Impacto (Catastrófico, Mayores, Moderadas, Menores, Insignificantes)	Exposición (Menor, Media, Mayor, No Aceptable)		
1	Resistencia al cambio de parte del usuario líder (quién usara principalmente la plataforma).	Político Comunicacional	Cultural	x						Moderado	Moderadas	Mayor	Mitigar
2	Cambio del personal que participa del proyecto.	Político Comunicacional	RRHH			x				Improbable	Mayores	Mayor	Aceptar
3	Cambios de prioridades.	Político Comunicacional	Sponsor	x		x				Improbable	Catastrófico	No Aceptable	Evitar
4	Licencias médicas del Personal que participa en el proyecto.	Técnicos	Médicos			x	x			Moderado	Moderadas	Mayor	Mitigar
5	Retrasos en la elaboración y entrega de la documentación de las distintas etapas del proyecto.	Gestión de Proyectos	Usuario			x	x			Improbable	Menores	Menor	Mitigar
6	Cambios de los requerimientos por parte del usuario líder y/o Sponsor.	Técnicos	Requerimientos	x	x	x	x			Moderado	Mayores	No Aceptable	Evitar
7	Sofisticación de la solución	Técnicos	Usuario	X						Probable	Mayores	No Aceptable	Mitigar

### 3.4.4. Descripción de la solución a implementar.

La solución a implementar se efectuará de acuerdo con una estrategia que considera la cultura de metro y los riesgos.

Desde el punto de vista de la cultura de Metro S.A. se puede decir que una empresa de carácter público, donde la rotación de personal es baja, existiendo trabajadores con muchos años de experiencia. Lo anterior, significa que están acostumbrados a efectuar las cosas de cierta manera, ya que es lo que siempre les ha funcionado, independiente de que esto sea o no óptimo. En el caso del proyecto, la persona que actualmente cumple el rol de asignador es una persona con mucha experiencia, con 40 años de servicio y que lleva haciendo lo mismo por muchos años. Así como también, otras personas (área de Mantenimiento) que están involucradas en otras aristas del proyecto y llevan también muchos años efectuando sus labores de la misma manera.

Desde el punto de vista de los riesgos, la “Sofisticación de la solución”, generó el establecer una estrategia de implementación de la solución por etapas. Se deberá considerar que se implementará la inteligencia con aquellas compras (mantenimiento) que incidan directamente en la operación donde el 20% de las compras de partes y piezas para la mantención preventiva expliquen el 80% del problema.

La solución tendrá al menos tres módulos: adquisición de conocimientos, asignación y el de mantención.

Así también, el sistema experto debe ser a través de una plataforma web, responsivo y disponibilidad 7x24. Técnicamente y de acuerdo a las

especificaciones técnicas de metro señala que la plataforma web debe ser desarrollada en html, ejecutarse sobre un servidor Web Tomcat y que pueda ser implementado en un servidor de Microsoft.

El lenguaje de programación será el PROLOG, las características que influenciaron en su elección fueron: creación de base de conocimientos, bajo consumo de hardware, también la mejor sintaxis de los datos y permite unir dinámicamente los procedimientos.

Para el desarrollo de sistemas expertos existen una variedad de herramientas, como, por ejemplo: Exsys Corvid, Exsys Pro, Nexpert, entre otros.

El Shell seleccionado fue Exsys Corvid, dado que para la representación del conocimiento es flexible para modificar y adaptar la herramienta, también es cómoda, eficiente y robusta. Y explica cómo se llega a la conclusión. Además, que puede desarrollarse en un ambiente web.

El servidor web deberá ser Internet Information Services (IIS) ya que es un conjunto de servicios de Microsoft y son los marco con que metro trabaja.

A continuación, se describirá la modelo vista controlador y una propuesta de diagrama de implementación.



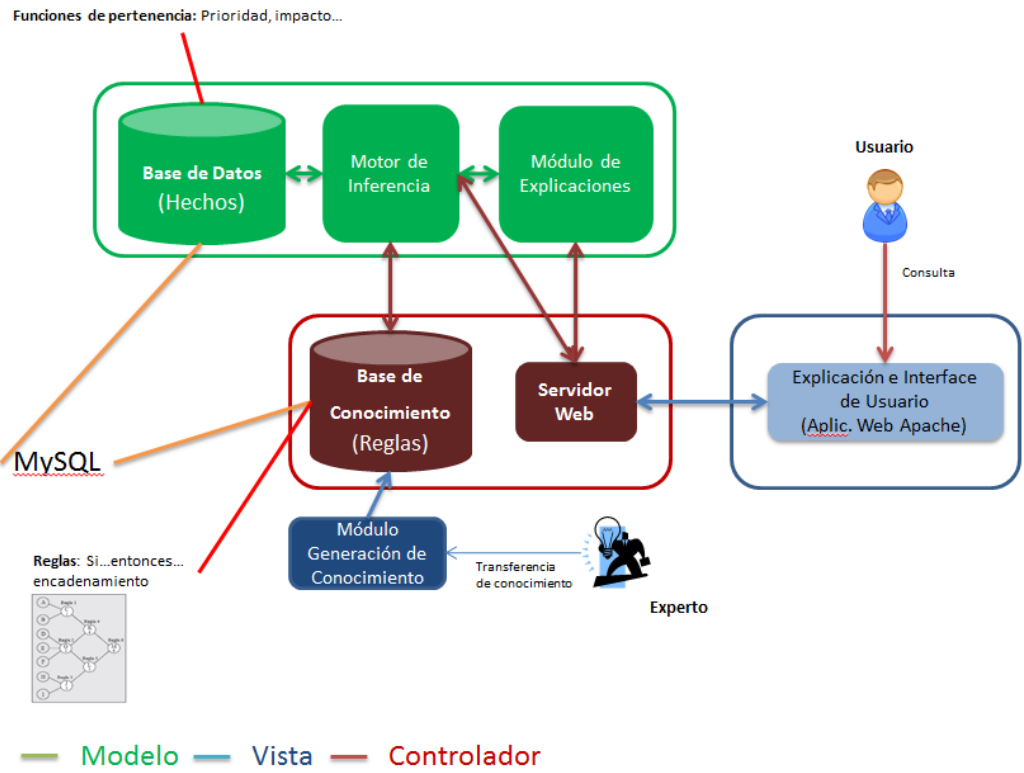


Ilustración 40. Modelo Vista Controlador

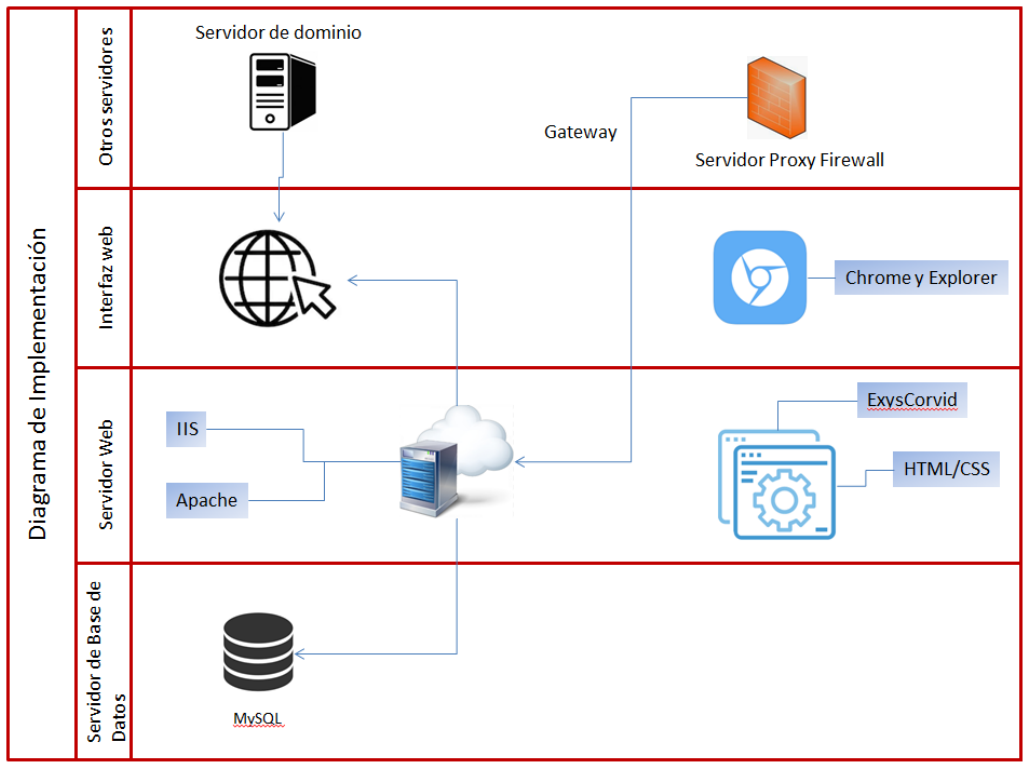


Ilustración 41. Diagrama de implementación

### **3.4.5. Principales tareas para desarrollar.**

La mayoría de las tareas ya se encuentran desarrolladas en esta tesis, sin embargo, si se quisiese comenzar desde cero, las tareas serían las siguientes:

- Etapa I: Adquisición de conocimiento:
  - Identificación:
    - Objetivos del sistema.
    - Del problema.
    - Requisitos para la solución.
    - Identificación de expertos.
    - Funciones del sistema.
  - Formulario del conocimiento:
    - Definición de estructuras para representar el conocimiento.
    - Definición de la fuente de entrada y formatos.
    - Conjunto básico de reglas.
- Etapa II: Construcción del sistema experto
  - Propuesta del prototipo:
    - Concepción de la solución.
    - Definición de las estructuras que permiten representar el conocimiento experto.
    - Validación y evaluación de las respuestas arrojadas.
  - Prototipo de campo:
    - Conceptualización y formalización de conocimientos.
    - Validación y evaluación del prototipo.
    - Definición de nuevos requisitos.
  - Prototipo de operación:
    - Formalización de conocimientos.
    - Validación y evaluación de prototipos.

### **3.4.6. Impacto de la implementación**

Los impactos del proyecto son diversos:

- Desde el punto de vista ciudadano:
  - El disponer de metro cerca y operativo, significa que por ejemplo para una persona de Conchalí el tener 220 horas más disponibles en familia.
- Desde el punto de vista de la Compañía:

- Significa cumplir con la excelencia operacional y la seguridad de los pasajeros.
- Desde el punto de vista del Trabajador de Mantenimiento:
  - Significa el poder tener disponible las partes y piezas para un mantenimiento óptimo.
- Desde el punto de vista del área de Abastecimiento:
  - Significa comprar a tiempo y con la homogeneidad de la asignación y en un futuro la distribución de la carga de trabajo.
- Desde el punto de vista del proyecto:
  - Significa asignar de manera estándar, oportuna, transparente y segura las compras de partes y piezas identificadas y necesarias para la mantención preventiva.

### **3.4.7. Plan de Gestión del Cambio**

De acuerdo con la Real Academia Española, la palabra cambio proviene del latín tardío “cambium”, y éste del galo “cambion”. El cambio, por tanto, sería una acción o proceso por medio del cual dejamos una situación dada para ubicarnos en otra diferente. Desde el punto de vista de las organizaciones se puede entender por “cambio”, como una transformación significativa de estrategias, modelos de negocios, sistemas, procedimientos y/o prácticas de trabajo.

El propósito es mejorar la agregación de valor. Lo que puede afectar de manera relevante a un número importante de personas y/o grupos de interés al interior o en el entorno de una.

En este capítulo se presentan las dimensiones del proceso de cambio que involucra la realización de este trabajo, partiendo desde el contexto de la organización, seguido del diseño del proceso de cambio, y terminando por el desarrollo de los distintos ámbitos del cambio, basado en la utilización de un modelo que permite liderar y gestionar este tipo de procesos.

#### **3.4.7.1. Contexto Organizacional**

La empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A., nace el 24 de octubre de 1968, cuando el presidente de la república, Eduardo Frei Montalva, firmó el decreto que marca el nacimiento del Metro de Santiago. Han transcurrido 50 años y Metro S.A se transformado en la columna vertebral del Sistema de Transporte Público de Santiago. Donde su misión es garantizar, una experiencia de viaje segura y confiable, con eficiencia y sostenibilidad,

contribuyendo a una mejor ciudad. Hoy Metro S.A. transporta 2.5 millones de pasajeros diarios.

El poder hacer frente ante esta gran responsabilidad no sería posible sin el recurso humano que hoy alcanza las 4.650 personas. Distribuyéndose en 11 Gerencia, más la gerencia general, Compliance Officer y el directorio. En donde un aspecto primordial para Metro S.A. es la operación del sistema, y para ello más del 90% del personal se enfoca en maximizar su eficiencia.

### **3.4.7.2. Contexto del Cambio en la Gerencia de Mantenimiento**

La Gerencia de Mantenimiento, perteneciente a la División de Transporte de Pasajeros tiene como misión Controlar las actividades y procesos de mantenimiento, garantizando los estándares de confiabilidad y seguridad establecidos y haciendo cumplir los programas de mantenimiento acordados.

Todos los semestres la Subgerencia de Ingeniería y Planificación Mantenimiento, remite a la Subgerencia de Abastecimiento el Plan de Necesidades para los siguientes dos (2) años móviles. El último enviado es de Julio 2019. El plan indica todos aquellos requerimientos de materiales que son necesarios para el Mantenimiento.

La particularidad del Plan de Necesidades es que en su elaboración los datos presentes en el documento son los que facilitan las Subgerencia de Mantenimiento Línea 6 y 3, la de Sistemas y Energía y la de Trenes Acero y Neumático respectivamente. La información que proporcionan es la estimación personal del Técnico de Mantenimiento de las distintas Subgerencias. Es decir, se informa un número mínimo del elemento que se debe tener disponible en bodega. No se utilizan criterios de vida útil de la parte y pieza. Y muchas veces tampoco existen documentos técnicos del material requerido.

### **3.4.7.3. Contexto del Cambio en la Subgerencia de**

#### **Abastecimiento**

La Subgerencia de Abastecimiento el área que se responsabiliza de la compra y adquisición de bienes y servicios con el objetivo de entregar continuidad operacional y asegurando la transparencia de los procesos. El proceso se lleva a con 50 personas distribuidas en tres (3) áreas de compras (Compras

Técnicas, Compras de Servicio y Compras Administrativas), más el área de Logística y Control de Procesos.

Es el Área Logística y Control de Procesos es quién recibe el Plan de Necesidades, lo analiza y genera un Plan de Compras. En el Plan de Compras se establecen o determinan ¿Qué materiales? y ¿Cuánto es necesario? comprar.

En la compañía se puede comprar de manera directa por cada área y que son denominadas compras descentralizadas. Y por otra de manera centralizadas (que son la mayoría de las compras) a través de la Subgerencia de Abastecimiento. Para el caso del proyecto las compras de materiales para la Gerencia de Mantenimiento son del tipo Centralizada.

Este proceso de compra es ejecutado mediante la herramienta SAP MM, siguiendo las etapas: Solicitud de Pedido, Petición de Oferta, Contrato Marco, Orden de Compra y Hoja de Entrada de Servicio (HES).

La jefatura de la Subgerencia de Abastecimiento es nueva y de a poco han tratado de ir controlando los procesos. Dado que volumen de requerimiento es alto, alcanzando durante el año 2018 se generaron 3490 Solicitudes de Pedido, las que se transforman en 11.622 posiciones, las que se podrían transformar en la misma cantidad de Peticiones de Oferta, Contrato Marco, Órdenes de Compra y HES. Dado lo anterior, se puede apreciar que la preocupación ha estado centrada en el procesamiento de la compra propiamente tal, más que en la forma de llevarla a cabo.

Lo anterior, se evidencia en la resolución de Contraloría Interna de Metro que en un informe del 2018 indico que parte del proceso de compra consigna alto riesgo, por la forma en la que se lleva a Cabo. La parte a que se hace referencia es a la asignación de los requerimientos de compra (o Solicitudes de Pedido). La que es llevada de manera manual y con criterios subjetivos y no estandarizados.

#### **3.4.8. Modelo para la Gestión del Cambio**

El modelo guía para este proceso de cambio, será el “Modelo Integral de Liderazgo Y Gestión del Cambio” desarrollado por el profesor Eduardo Olguín, 2004 descrito en el documento de “Notas de Liderazgo y Gestión del Cambio”.

El modelo considera distintos dominios de acción que tiene que ir fluyendo sintonizadamente durante todo el proyecto de cambio. No son etapas, sino que espacios de preocupación y de acción durante el proceso. Cada uno de ellos

es relevante en sí mismo y debería considerarse como parte del diseño del proceso de cambio.

A continuación, se presentan los dominios de acción desarrollados para el proyecto de tesis.

#### **3.4.8.1. Liderazgo del proyecto de cambio**

El líder del proyecto es el Sr. Marcelo González Uribe, quien se encuentra ejecutando tesis y es el encargado de realizar el rediseño del proceso de compra y en particular de la asignación de requerimientos de compra, considerando que para asignar se debe antes determinar ¿Qué? y ¿Cuánto? comprar de las partes y piezas para el mantenimiento preventivo. Dicho proceso es supervisado por el Subgerente de Abastecimiento Sr. Rodrigo Copano y el Jefe de Compras Operacionales y de Mantenimiento Sr. Felipe Ibañez.

#### **3.4.8.2. Estrategia y sentido del proceso de cambio**

Este dominio tiene que ver con establecer la dirección, el sentido y la forma en que se llevará adelante el proceso de cambio. En este sentido, una labor que se ha estado realizando es la evangelización del proyecto por intermedio del Subgerente a través de reuniones en el que se comunica al Gerente de Administración y Finanzas como así también a sus subalternos. Lo mismo se ha efectuado con la Gerencia de Mantenimiento.

Por otro lado, el líder del proyecto ha efectuado el levantamiento de información con los distintos actores del proceso de compra y en particular con las personas de Mantenimiento, de Logística y de Abastecimiento. Se generaron las narrativas adecuadas para los distintos actores. Se establecieron relaciones de trabajo colaborativo con estas áreas.

La dirección y el sentido de cambio, es la de fortalecer la toma de decisiones en la asignación del requerimiento de compra, y la forma de llevar adelante el proceso, consistirá en identificar las oportunidades de mejoras, formalizar un procedimiento y establecer criterios, ponderaciones e ir monitoreando el proceso de cambio.

### **3.4.8.3. Cambio y conservación**

El proceso de cambio es también un proceso de conservación. Lo anterior, implica que es necesario identificar y comunicar qué aspectos se serán evaluados, y que aspectos serán conservados. Efectuar esta tarea, permitirá darle claridad al equipo, tranquilizar y evitar resistencias innecesarias. Respecto del área de conservación, se debe proteger y cuidar la identidad y las ventajas competitivas de la organización.

En referencia al proyecto, se pretende cambiar la forma de llevar cabo la asignación de compras de partes y piezas, conservando la experiencia empírica de quién asigna y aquellos criterios de decisión que han dado resultado. Lo anterior, busca mejorar la eficiencia del proceso de compra.

### **3.4.8.4. Gestión de los estados de Ánimo**

Los estados de ánimo pueden hacer de un proyecto un éxito o un fracaso. Por ejemplo, la desconfianza puede hacer fracasar una gran inversión. Por lo anterior, la gestión de los estados de ánimo resulta de vital importancia. Siendo el liderazgo clave en la responsabilidad de influir y contribuir al éxito del proyecto. De esta manera, se han planificado reuniones de avance, de tal forma de mostrar los logros del proyecto y así favorecer un estado de ánimo de confianza, apropiación y compromiso que permitan aumentar las probabilidades de éxito.

### **3.4.8.5. Plan de comunicaciones**

La comunicación del proyecto es una actividad que se debe planear mediante mecanismos, instancias y formas, tal que permitan escuchar recurrentemente a los distintos actores de la organización incluyendo más aún aquellos que presentan resistencia. La comunicación también tiene un propósito y un estilo definido, por ello puede ser importante contar con estrategia y comité editorial. Siendo el líder del proyecto el responsable de esta actividad, en su defecto la organización. En particular en este proyecto, se han establecido canales de comunicación formales, de tal forma de evitar al máximo los rumores de pasillo e informantes.

### **3.4.8.6. Desarrollo de las habilidades**

Todo proceso de cambio es un aprendizaje, dado que estos requieren contar con habilidades que en la mayoría de los casos no se tienen originalmente. De acuerdo a esto, se requiere identificar: a) las habilidades existentes en la organización, b) las que se deben desarrollar y c) los distintos mecanismos para desarrollar estas habilidades.

En la subgerencia se planea, identificar las habilidades existentes y las que se deben desarrollar mediante la formalización del proceso As-Is, complementándolo con el conocimiento empírico de la jefatura. También se efectuarán programas de capacitación mediante la metodología de aprender haciendo.

### **3.4.8.7. Gestión del poder**

En el management el poder es la capacidad de hacer que las cosas ocurran. Considerando este punto de vista, la subgerencia (Autoridad Formal) se encuentra comprometida para que el proyecto resulte, por lo que las probabilidades de éxito mejoran ostensiblemente. Así también, desde el punto de vista del conocimiento empírico no sólo de los líderes del proyecto, sino también de los directamente interesados, provoca que sea coadyudantes al éxito del proyecto.

### **3.4.8.8. Alerta y conciencia del proceso.**

El líder del proyecto y la jefatura serán los observadores del proceso de cambio, donde se deberá procurar el tener una visión amplia, objetiva y desde fuera. De tal forma, de dar las alertas, identificar los logros y avances.

### **3.4.8.9. Evaluación y cierre**

Este último dominio considera por un lado declarar límites y por otro, mantener recurrentemente una evaluación del proyecto de cambio. El fin de la evaluación no será para buscar errores o culpables, sino buscar la mejora y el éxito del proyecto. Así como también, se debe tener un hito de cierre con su correspondiente rito. Este último aspecto es importante para reconocer a las personas y sus aportes. Lo anterior, reforzará la confianza y el éxito del proyecto.



Así también, se debe tener una mirada amplia y general sobre el proceso para generar aprendizaje en la organización. La subgerencia pretende implementar una encuesta con distintas dimensiones y en el que participen todos los involucrados.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Metro de Santiago es uno de los actores más importantes del sistema de transporte público de Santiago de Chile, por ende, una falla en su operación genera consecuencias severas, tanto como para los usuarios de Metro como el sistema integrado de transporte.

La continuidad operacional de los trenes cobra vital importancia, dado que el solucionar las averías implica satisfacer la demanda de repuestos, por lo que se debe contar con la disponibilidad de partes y piezas de los equipos y sistemas con los que opera la red de Metro S.A. Para poder gestionar las compras de las partes y piezas, se requiere contar con un proceso de identificación de ¿Qué? y ¿Cuánto? comprar y un proceso de asignación de requerimientos integrado en el proceso de compra, es decir, estandarizado con el conocimiento específico y la experiencia necesaria de los participantes.

Si consideramos las magnitudes, sólo en enero de 2020 se han recibido 402 SOLPED centralizadas. En el año 2019 en total fueron 2.467 SOLPED Centralizadas con 7632 Posiciones, las que se traducen en 7632 asignaciones lo que representan USD 80 millones aproximadamente. Si consideramos la información por año tenemos que en promedio en el 11,71% de los casos se generaron más de una solicitud de pedido para cada SKU. Donde en el 62,85% de los casos las dos (2) o más solicitudes de pedido por cada SKU están asignadas a más de un comprador. Lo anterior significa que al menos dos personas distintas hacen las mismas gestiones, pero en tiempos distintos. Y si a eso le sumamos que en un 45,3% promedio de los 11,71% anteriores, los gestores de compras duplicaron esfuerzos al efectuar más de una licitación pública o más licitación privada o más compra directa o más de una cotización, entonces, estamos diciendo que metro tiene un sobre costo de las compras por año (dado directamente por la asignación de solicitudes de pedido) que alcanza MM\$200.

El trabajo consistió en la elaboración de una propuesta que pasó por interferir y mejorar el proceso de compras de materiales. En una primera instancia se efectuó un plan de entrevista con los distintos actores de Subgerencia de Abastecimiento, particularmente con las áreas de Abastecimiento y el Área de Logística. Lo anterior, con la finalidad de tener los distintos puntos de vista sobre la asignación y la compra de partes y piezas requeridas. Se estandarizó un procedimiento de asignación, ya que al inicio de este trabajo sólo tenía experiencia empírica sobre asignación que estaba contenida en una sola.

Así también, de acuerdo con la experiencia y a la literatura al respecto, se elaboró una solución que se basó en un modelo de asignación que incorporó los criterios de admisibilidad de la SOLPED (centralizada y liberada) y los criterios de asignación como los son: tipo de compra, impacto y el gestor. No todos los gestores pueden comprar de todo. Y para ello la subgerencia identificó a los 8 gestores y sus competencias para comprar de acuerdo a tipo de compra y el impacto.

Lo anterior, se traduce en un sistema experto que optimiza la asignación de los requerimientos de compra.

Como hallazgo para el proyecto, se puede comentar que la implementación de la solución debe ser gradual. La cultura de metro es tradicional, con trabajadores que llevan muchos años haciendo lo mismo, por lo que se requiere implementar la solución por etapas. Y así de alguna forma asegurarse que esa parte de la solución funcione. Para lo anterior se estableció (y se ha estado llevando a cabo) un plan de gestión del cambio, de tal forma que permita disminuir los riesgos y asegurar el éxito de la solución.

Otro factor que se revisó es aquel proceso que están aguas abajo del proceso de asignación, como lo es el proceso de planificación de compras, que se efectúa con entre el área de mantenimiento y logística. El proceso de Planificación se lleva a cabo de manera manual (planilla Excel), con todo lo que ello significa en cuanto al riesgo de la información.

Un factor para revisar en el futuro (aguas arriba), es el proceso de cotización con los distintos actores y plataformas. Llevando una buena gestión de los tiempos es factible de mejoras.

Todo lo anterior, no hubiese sido posible si no hubiera utilizado la metodología de Ingeniería de Negocios (del profesor Dr. Oscar Barros V.), que genera un aporte decisivo a la hora de enfrentar un problema de procesos de negocios en la organización. Permite identificar clara y rápidamente, los procesos, las tareas y sus objetivos susceptibles de re-diseñar. Permite modelar, validar y medir la situación actual. Además, de facilitar la determinación de los nodos críticos y direcciones de cambio que son un input para el re-diseño e implementación de la solución. Igualmente, la metodología me ha permitido levantar información con un objetivo claro. Me ahorrado tiempo. Asimismo, de estar ejecutando las mejores prácticas de la industria hace que el resultado esté garantizado.

## CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFIA

ABECKER, ELST, "Ontologies for Knowledge Management", 2009.

Angele, J., Fensel, D., Landes, D., & Studer, R. (1998). Developing knowledge-based systems with MIKE. In Domain Modelling for Interactive Systems Design. Springer.

Akyildiz, I.F.; Lee, W.Y.; Vuran, M.C. y Mohanty, S.(2006). NeXt Generation/Dynamic Spectrum Access/Cognitive Radio Wireless Networks: A Survey. Computer Networks.

Akyildiz, I.F.; Lee, W.Y.; Vuran, M.C. y Mohanty, S. (2008). A survey on spectrum management in cognitive radio networks. Communications Magazine.

Akyildiz, I.F.; Lee, W.Y. y Chowdhury, K.R. (2009). CRAHNS: Cognitive Radio Ad Hoc Networks. Ad Hoc Networks.

Abbas, N.; Nasser, Y. y Ahmad, K. El. (2015). Recent Advances on Artificial Intelligence and Learning Techniques in Cognitive Radio Networks. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking.

Barros, O. (2015). Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Barros, O. (2013). Business Engineering and Service Design with Applications For Health Care Institutions. New York: Business Expert Press (Filial McGraw Hill). Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Barros, O., & Julio, C. (2011). Enterprise and Process Architecture Patterns. Business Process Management Journal, Vol 27(Iss: 4), 598 – 618.

Bello, R. (2002). Aplicaciones de la inteligencia artificial. Ediciones de La Noche, Guadalajara, Jalisco, México.

Buchanan, B. G., Barstow, D., Bechtal, R., Bennett, J., Clancey, W., Kulikowski, C., Waterman, D. A. (1983). Constructing an expert system. Building Expert Systems.

BARRIOS ARTEAGA, Yolanda; BELTRÁN MEJÍA, Darlis. (2012) Análisis comparativo en el desempeño de un sistema experto con programación procedimental y programación lógica. Tesis Doctoral.

Bratko, I. (2001). Prolog Programming for Artificial Intelligence. Addison-Wesley, Tercera Edición.

Brazier, F. M., Dunin-Keplicz, B. M., Jennings, N. R., & Treur, J. (1997). Desire: Modelling multi-agent systems in a compositional formal framework. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 6(01), 67–94.

Benavides, J, & Manrique, L, & Pelaez, P, (2015) “Diseño de un modelo de abastecimiento de insumos para la gestión de compras de la empresa salsas aderezos s.a.”. Universidad de Medellín, Medellín. Colombia.

BILGI Y KULKARNI, “A Investigative Survey of application of Knowledge Based Systems in Legal Domain”, 2008.

Bolstad, W.M. (2007). Introduction to Bayesian Statistics. *Journal of Biopharmaceutical Statistics*.

Bkassiny, M.; Li, Y. y Jayaweera, S.K. (2013). A Survey on Machine-Learning Techniques in Cognitive Radios. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*.

CHOOOTHIAN, KHAN, MUPEMBA, ROBINSON, TUNNITISUPAWONG, “A Decision Support Model for Project Manager Assignments 2.0”, 2009.

Cuena, J., & Molina, M. (1997). KSM: an environment for design of structured knowledge models. *Knowledge-Based Systems: Advanced Concepts, Techniques and Applications*.

Castillo, E., Gutierrez, J. M., & Hadi, A. S. (2012). Expert systems and probabilistic network models. Springer Science & Business Media.

Carrillo, J.D. (1987). Metodología para el desarrollo de Sistemas Expertos, tesis doctoral, Facultad de Informática de la Universidad Politecnica de Madrid.

Eriksson, H., Shahar, Y., Tu, S. W., Puerta, A. R., & Musen, M. A. (1995). Task modeling with reusable problem-solving methods. *Artificial Intelligence*.

Fraser, A.M. (2008). Hidden Markov models and dynamical systems. Filadelfia: SIAM.

Ferber, J. (1999). An Introduction to Distributed Artificial Intelligence. Addison-Wesley.

GOBIERNO CORPORATIVO METRO S.A, MEMORIA, Memoria Anual 2017 y 2018.

GOBIERNO CORPORATIVO METRO S.A, MEMORIA, Reporte de Sostenibilidad 2017 y 2018.

Goldberg, D.E. y Holland, J.H. (1988). Genetic Algorithms and Machine Learning. Machine Learning.

Gavrilovska, L.; Atanasovski, V.; Macaluso, I. y Dasilva, L.A. (2013). Learning and reasoning in cognitive radio networks. IEEE Communications Surveys and Tutorials.

García, C. M. A., Honey, P., & Gil, D. J. G. (1994). Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnóstico y mejora.

Giarratano, J. & Riley, G. (1998). Expert Systems: Principles and Programming. Boston, EEUU: PWS Publishing Company.

G. Guida & C. Tasso, (1995). Design and Development of Knowledge-Based Systems.

Hayes-Roth, F.; Waterman, D. y Lenat, D.B. (comps.) (1983): Building Expert System, Addison-Wesley, Reading, Mass.

Hilera González, J. R., & Martínez Hernando, V. J. (1995). Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones. Addison-Wesley.

Haykin, S. (1998). Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR.

Hax, A. C. (2010). The Delta Model - Reinventing Your Business Strategy. New York Dordrecht Heidelberg London: Springer.

HOPGOOD Adian. (1997) Knowledge. Based Systems for Engineers and Scientists. Editorial CRC. Primera edición. Londres.

Hernández, C.; Giral, D. y Páez, I. (2015a). Benchmarking of the Performance of Spectrum Mobility Models in Cognitive Radio Networks. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER).

Kolodner, J. (1993). 10 - Indexing and Retrieval. In Case-Based Reasoning. San Francisco (CA): Morgan Kaufmann.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). The Balance Scorecard: translating strategy into action. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.

Lindsay, R.K. (1980). Applications of Artificial Intelligence for Organic Chemistry: The DENDRAL project", McGraw-Hill Publishing.

Maglio P. y Christopher C. (2003). Attentive agents, Communications of the ACM.

Martinez Sanchez, N. (2009). Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizando el Razonamiento Basado en Casos. (Tesis

en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara.

NEBENDAHL, D. (1991). Sistemas Expertos.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The Knowledge Creating. New York.

Object Management Group. (s.f.). Obtenido de Object Management Group: <http://www.bpmn.org/>

Olguín, E. Departamento de Ingeniería Industrial Universidad de Chile (2004). Notas sobre Liderazgo y Gestión del Cambio.

Palma, J. T., Paniagua, E., Martín, F., & Marín, R. (2000). Ingeniería del Conocimiento. De la Extracción al Modelado de Conocimiento. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial.

Porter, M. (1985). Estrategia competitiva

Rolston, David W. (1990) Principios de inteligencia artificial y sistemas expertos. México. McGraw-Hill.

Rich, E., & Knight, K. (1988). Inteligencia artificial. Ed McGraw-Hill.

Ramírez, C. y Ramos R., V. (2013). On the Effectiveness of Multi-Criteria Decision Mechanisms for Vertical Handoff. En: 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA).

Young, Richard R. Esqueda, Paul. (2005). Vulnerabilidades de la cadena de suministros: consideraciones para el caso de América Latina.

Schreiber, G., Wielinga, B., de Hoog, R., Akkermans, H., & Van de Velde, W. (1994). CommonKADS: A comprehensive methodology for KBS development.

Shadbolt, N., Motta, E., & Rouge, A. (1993). Constructing knowledge-based systems. IEEE Software, 10(6), 34–38.

Steels, L. (1993). The componential framework and its role in reusability. Second Generation Expert Systems.

Stevens, E. y Wong, V.W.S. (2006). Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks. En: IEEE Vehicular Technology Conference.

Stevens, E.; Martínez, J.D. y Pineda, U. (2012). Evaluation of Vertical Handoff Decision Algorithms Based on MADM Methods for Heterogeneous Wireless Networks. Journal of Applied Research and Technology.

Saaty, T.L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research.

Turban, E. (1995). Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems. Macmillan series in information systems Prentice-Hall international editions.

Tragos, E.Z.; Zeadally, S.; Fragkiadakis, A.G. y Siris, V.A. (2013). Spectrum Assignment in Cognitive Radio Networks: A Comprehensive Survey. IEEE Communications Surveys and Tutorials.

Tanino, T.; Tanaka, T. y Inuiguchi, M. (2003). Multi-objective programming and goal programming: theory and applications (Vol. 21). Springer Science & Business Media.

Valenta, V.; Maršálek, R.; Baudoin, G.; Villegas, M.; Suarez, M. y Robert, F. (2010). Survey on Spectrum Utilization in Europe: Measurements, Analyses and Observations. Fifth International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks & Communications (CROWNCOM).

Woods, W.A. (1986). Important Issues in Knowledge Representation. Proceedings of the IEEE.

Wooldridge, M. (2009). An introduction to multiagent systems. Glasgow, Gran Bretaña: John Wiley & Sons.

Yonghui, C. (2010). Study of the bayesian networks. En: E-Health Networking, Digital Ecosystems and Technologies (EDT).

Zheng, H. y Cao, L. (2005). Device-Centric Spectrum Management. En: 2005 1st IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks.

### **Páginas Web Consultadas**

<https://www.metro.cl/>

<https://anden.metro.cl/>

<http://www.subtrans.gob.cl/>

<http://www.dtpm.cl/>

<http://www.mtt.gob.cl/>

<http://exyscorvidaigrup5.blogspot.com/p/como-funciona.html>



## **CAPÍTULO 6: ANEXOS**

### **6.1. Anexo A**

#### **6.1.1. *Lógica Proposicional***

La lógica proposicional es la más antigua y simple de las formas de lógica. Utilizando una representación primitiva del lenguaje, permite representar y manipular aserciones sobre el mundo que nos rodea. La lógica proposicional permite el razonamiento a través de un mecanismo que primero evalúa sentencias simples y luego sentencias complejas, formadas mediante el uso de conectivos proposicionales, por ejemplo Y(AND), O (OR).

La lógica proposicional permite la asignación de un valor verdadero o falso para la sentencia completa, pero no tiene la facilidad de analizar las palabras individuales que componen la sentencia.

La principal debilidad de la lógica proposicional es su limitada habilidad para expresar conocimiento.

#### **6.1.2. *Lógica de Predicados***

Existen varias sentencias complejas que pierden mucho de su significado cuando se les representa en la lógica proposicional. Por eso se desarrolló una forma lógica más general. Capaz de representar todos los detalles expresados en las sentencias, esta es la lógica de predicados.

La lógica de predicados está basada en la idea de que las sentencias realmente expresan relaciones entre objetos, así como también cualidades y atributos de tales objetos. Los objetos pueden ser personas, objetos físicos o conceptos.

Tales cualidades, relaciones o atributos, se denominan predicados. Los objetos se conocen como argumentos o términos del predicado.

#### **6.1.3. *Reglas de Producción***

La representación del conocimiento en forma de reglas de producción fue propuesta en 1943. La regla es la forma más común de representar el conocimiento, debido a su gran sencillez y a que es a formulación más inmediata del principio de casualidad. Una regla consta de un conjunto de acciones o efectos (una o más) que son ciertas cuando se cumplen y conjunto de condiciones o causas. La potencia de una regla está en función de la lógica que admita en las expresiones de las condiciones y de las conclusiones.

#### **6.1.4. Redes Asociativas**

Las redes semánticas o redes asociativas fueron originalmente desarrolladas para representar el significado o semántica de oraciones en inglés, en términos de objetos y relaciones. Actualmente el término redes asociativas ya no solo se usa para representar relaciones semánticas, sino también para representar asociaciones físicas o causales entre varios conceptos y objetos.

Las redes asociativas se caracterizan por representar el conocimiento en forma gráfica. Agrupan una porción de conocimiento en dos partes: objetos y relaciones entre objetos. Los objetos se denominan también nodos (elementos del conocimiento) y en relaciones entre nodos se denominan enlaces o arcos. Cada nodo y cada enlace en una red semántica deben estar asociados con objetos descriptivos.

#### **6.1.5. Estructuras Frame**

Una plantilla (frame) es una estructura de datos apropiada para representar una situación estereotípica. Las plantillas organizan el conocimiento en objetos y eventos que resultan apropiados para situaciones específicas.

La evidencia psicológica sugiere que la gente utiliza grandes plantillas para codificar el conocimiento de experiencias pasadas, o conocimiento acerca de cosas que se encuentran comúnmente, para analizar y explicar una situación nueva en su cotidiana actividad cognoscitiva.

Una plantilla representa un objeto o situación describiendo la colección de atributos que posee. Cada plantilla está formada por un nombre y por una serie de campos de información o ranuras (slots). Cada ranura puede contener uno o más enlaces (facets).

#### **6.1.6. Representación Orientada a Objetos**

Los objetos son similares a las plantillas. Ambos sirven para agrupar conocimiento asociado, soportan herencia, abstracción y el concepto de procedimiento agregados. La diferencia radica en los siguientes:

- En las plantillas, a los programas y a los datos se los trata como dos entidades relacionadas separadas. En cambio, a los objetos se crea una fuerte unidad entre los procedimientos (métodos) y datos.

- Los demos de las plantillas sirven solo para computar valores para las diversas ranuras o para mantener la integridad de la base de conocimiento cada vez que una acción de alguna plantilla afecta a otra.

## 6.2. Anexo B

### 6.2.1. *Por la Forma de Almacenar el Conocimiento*

Se pueden distinguir sistemas basados en reglas y sistemas basados en probabilidad. Así en el primer caso, el conocimiento se almacena en forma de hechos y reglas, mientras que el segundo, la base de conocimientos está constituida por hechos y sus dependencias probabilísticas; en el primer caso el motor de inferencia opera mediante encadenamiento de reglas hacia atrás y adelante, mientras que el segundo caso opera mediante la evaluación de probabilidades condicionales.

En cuanto a las ventajas e inconvenientes de uno y otro puede mencionarse que, en el caso de los Sistemas Probabilísticos, el motor de inferencia es muy rápido, ya que todas las implicaciones están presentes y solo se ha de determinar con que probabilidad se da una determinada implicación. En cuanto a los Sistemas basados en Reglas, la principal ventaja es el hecho de que el mecanismo de explicación es sencillo, al tener presente el sistema las reglas que han sido disparadas.

Otra ventaja es que únicamente se emplean las reglas necesarias en cada caso, sin necesidad de evaluar toda una estructura probabilística.

Elementos	Modelo Probabilístico	Modelo Basado en Reglas
<b>Base de conocimiento.</b>	Abstracto: Estructura probabilística (sucesos dependientes). Concreto: Hechos.	Abstracto: reglas
<b>Motor de inferencia.</b>	Evaluación de probabilidades condicionales (Teoremas de Bayes).	Encadenamiento hacia atrás y hacia delante.
<b>Subsistema de explicación</b>	Basado en probabilidades condicionales.	Basado en reglas activas.
<b>Adquisición de conocimiento</b>	Espacio probabilístico Parámetros.	Reglas. Factores de certeza.
<b>Subsistema de aprendizaje</b>	Cambio en la estructura del espacio probabilístico. Cambio en los parámetros.	Nuevas reglas. Cambio en los factores de certeza.

### **6.2.2. *Por la Naturaleza de Hacer las Cosas***

Se tiene cuatro posibilidades:

- **Diagnostico o Clasificación:** se conocen soluciones y se tratan de clasificarlas o diagnosticarlas en función de una serie de datos. Por ejemplo:
- sistema de diagnóstico médico.
- **Monitorización:** análisis del comportamiento de un sistema buscando posibles fallos, en este caso es importante contemplar la evolución del sistema pues no siempre los mismos datos dan lugar a idénticas soluciones.
- **Diseño:** se busca la construcción de la solución a un problema, que en principio es desconocida, a partir de datos y restricciones a satisfacer.
- **Predicción:** se estudia el comportamiento de un sistema.

### **6.2.3. *Por la Interacción del Usuario***

**Apoyo:** el sistema aconseja el usuario, que mantiene la capacidad de una última decisión. Por ejemplo, el diagnóstico médico.

**Control:** el sistema actúa directamente sin intervención humana.

**Crítica:** Su misión es analizar y criticar decisiones tomadas por el usuario.

### **6.2.4. *Por la Variabilidad Temporal del Conocimiento***

- **Estáticos:** la base del conocimiento no se altera durante el proceso de decisión.
- **Dinámicos:** ocurren cambios en la base de conocimiento durante la toma de decisiones.
- Estos cambios pueden ser predecibles o impredecibles y además pueden, bien añadir información, bien modificar la información ya existente.

### **6.2.5. *Por la Limitación de Tiempo para Tomar Decisiones***

- **Tiempo ilimitado:** por ejemplo, aquellos que emplean conocimiento casual, que busca orígenes de un problema que ha ocurrido y cuyo análisis no necesita ser inmediato.
- **Tiempo limitado (tiempo real):** sistemas que necesitan actuar controlando o monitorizando dispositivos y que han de tomar decisiones inmediatas frente a los problemas que surjan. Por ejemplo, el control de una red de comunicaciones.

### **6.2.6. Por la Naturaleza del Conocimiento Almacenado**

- Basado en experiencia: el conocimiento se basa en experiencias o hechos ocasionados conocidos por el experto, pero sin que existe una causa clara para los efectos que se observan.
- Basado en relaciones causa-efecto.

### **6.2.7. Por la Certeza de la Información**

- Completa o perfecta: se conocen todos los datos y reglas necesarios para la decisión.
- Imperfecta: que puede ser incompleta (falta información para tomar decisiones), Datos inciertos (o no confirmados), Conocimientos incierto (reglas no siempre validas), Terminología ambigua (dobles sentidos, etc.).

## **6.3. Anexo C**

### **6.3.1. Algoritmos para toma de decisiones multicriterio (MCDM)**

#### ***Simple additive weighting (SAW)***

Este algoritmo desarrolla una matriz de decisión conformada por atributos y alternativas, para cada intersección de la matriz el algoritmo asigna un peso de acuerdo con los criterios del diseñador. Lo anterior, permite tener una calificación para todas las alternativas. Quién tenga el mayor puntaje será el seleccionado. (Hernández, Giral y Páez, 2015a; Ramírez y Ramos, 2010).

#### ***Multiplicative exponent weighting (MEW)***

Este algoritmo es muy similar al SAW, siendo su principal diferencia que en vez de suma existe una multiplicación. Propuesto por Stevens y Wong (2006)

#### ***Elimination and choice expressing the reality (ELECTRE)***

Este algoritmo realiza comparaciones en parejas de alternativas, para lo cual utiliza cada uno de los atributos por separado para establecer relaciones entre las alternativas (Valenta, 2010). En general ELECTRE utiliza un vector de criterios de referencia para ajustar los valores iniciales de los atributos de las alternativas antes de compararlas. El valor de cada uno de los criterios en la

matriz de decisión se compara con el correspondiente valor de criterio de referencia.

Con el objetivo de comparar las alternativas espectrales, se introducen los conceptos de concordancia y discordancia, que son medidas de satisfacción de algoritmos cuándo una alternativa es comparada con otra. La alternativa con el valor más alto de concordancia neta y el valor más bajo de discordancia neta será la preferida (Stevens, Martínez y Pineda, 2012).

### ***Grey relational analysis (GRA)***

El objetivo de este algoritmo es establecer las redes candidatas y seleccionar las que tengan más alta puntuación de acuerdo a los parámetros definidos. Para lograr esto se establecen relaciones de grey entre elementos de dos series: la primera contiene las mejores cualidades, mientras que la otra contiene entidades comparativas.

### ***Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS)***

El algoritmo se basa en la determinación de dos componentes: la solución ideal del sistema, y la solución que no puede ser aceptada en ninguna situación. Para lograrlo, es necesario comparar los resultados para determinar qué solución es la más cercana posible a la ideal, y cuál la más lejana (la cual no será aceptada). Dicha métrica se obtiene a partir de la distancia euclidiana (Hernández, Giral y Sáez, 2015a; Ramírez y Ramos 2010).

### ***Multi-criteria optimization and compromise solution (VIKOR)***

Este método asume que cada alternativa es evaluada de acuerdo con cada función de criterio, y la clasificación puede ser desarrollada a través de la comparación de las medidas que estén más cercanas a la alternativa ideal (Hernández, 2015; Cesar Hernández, Vasquez, 2015; Tanino, Tanaka y Inuiguchi, 2003). Es hábil para determinar el compromiso en una lista de ranking.

### ***Analytical hierarchical process (AHP)***

El algoritmo se basa en comparaciones sobre la importancia entre criterios de decisión escogidos para la selección de una alternativa, siendo esta más una medida relativa que un valor absoluto (Saaty, 1990).

### ***Fuzzy analytical hierarchical process (FAHP)***

La lógica difusa es una herramienta particularmente apropiada para tomar decisiones en situaciones donde las entradas disponibles son en general inciertas e imprecisas. La lógica difusa también puede transformar información cualitativa y heterogénea en valores homogéneos, los cuales pueden ser procesados a través de un conjunto de reglas de inferencia difusa apropiadas (Akyildiz, Lee, Vuran y Mohanty, 2006, 2008; Akyildiz, Lee y Chowdhury, 2009; Saaty, 1990; Stevens, Martinez y Pineda, 2012; Stevens y Wong, 2006; Tanino, Tanaka y Inuiguchi, 2003; Tragos, Zeadally, Frag-kiadakis y Siris, 2013; Zheng y Cao, 2005).

Aunque el método FAHP tenga en esencia la misma metodología del algoritmo AHP, la lógica difusa ayuda a tratar la subjetividad y la incertidumbre en las evaluaciones de criterio.

### ***Método húngaro***

Los problemas de asignación son casos particulares de los problemas de transporte y constituyen la clase más sencilla de los problemas lineales.

El algoritmo modela un problema de asignación como una matriz de costes  $n \times m$ , donde cada elemento representa el coste de asignar el  $n$ -ésimo trabajador al  $m$ -ésimo trabajo. Por defecto, el algoritmo realiza la minimización de los elementos de la matriz. Sin embargo, en caso de un problema de maximización del beneficio, el coste de la matriz necesita ser modificado para que la minimización de sus elementos lleve a una maximización de los valores de coste originales.

### **6.3.2. Algoritmos Inteligentes**

La inteligencia artificial tiene como objetivo hacer que las máquinas realicen tareas de una manera similar a un experto. La máquina inteligente percibirá la toma de decisiones y de esta manera maximizará su propia utilidad (Woods, 1986).

### ***Lógica difusa***

La lógica difusa resulta ser posición relativa desde el observador principal, sin embargo, las conclusiones de la técnica están respaldadas por métricas iniciales que describen el conjunto de valores admisibles de una muestra. De tal manera, la lógica difusa, aunque con una tasa de estudio aleatoria permite

obtener valores diferentes a los supuestos de verdadero o falso (Gavrilovska, Atanasovski, Macaluso y dasilva, 2013).

### ***Algoritmos genéticos***

Su principal campo de acción se encuentra inmerso en la optimización y búsqueda soluciones, inspirado en la evolución genética y la selección natural de las especies por naturaleza (Goldberg y Holland, 1988). El principal enfoque de este algoritmo está determinado en la inteligencia artificial. La ventaja de este algoritmo es que pueden manejar restricciones objetivas de forma arbitraria. Se utiliza la técnica búsqueda de armonía para encontrar la solución.

### ***Sistemas multiagentes (MAS)***

Los sistemas multiagentes se consideran un entidad inteligente y consciente del entorno que es capaz de actuar hábilmente y genera comunicación de forma independiente. MAS está relacionado con el ambiente, los objetivos, otros agentes y las diferentes relaciones entre esas entidades, por lo que los MAS son rápidos, confiables y flexibles (Abbas, Nasser y Ahmad, 2015; ferber, 1999; Wooldridge, 2009).

### ***Colonia artificial de abejas***

La colonia artificial de abejas (ABC) está compuesta por tres grupos: abejas empleadas, abejas exploradoras y abejas observadoras. El objetivo es determinar las ubicaciones de las mejores fuentes de alimentos, para ello las abejas empleadas buscarán las fuentes de alimento y si la cantidad de néctar de la fuente es mayor que una anterior, esta memorizará las nuevas posiciones, olvidándose de la anterior.

#### ***6.3.3. Técnicas de aprendizaje autónomo***

Tiene como objetivo principal el autoaprendizaje, a través de la inducción del conocimiento y donde la información objeto está disponible a partir de grandes conjuntos de datos dispuestos a ser analizados para la consecución objetiva de resultados (Abbas, Nasser y Ahmad, 2015).

### ***No supervisado***

El aprendizaje no supervisado puede ser adecuado para entornos desconocidos. Permite la exploración de las características del entorno y



toman acciones por sí mismo sin tener conocimiento previo. Sin embargo, si tiene información previa, entonces, puede aprovechar este conocimiento mediante el uso de técnicas de aprendizaje supervisado (Bkassiny, Li y Jayaweera, 2013).

### ***Aprendizaje por refuerzo***

Es una técnica que permite a un agente modificar su comportamiento mediante su interacción con su entorno (Sutton y Barto, 1998). Esta herramienta puede ser utilizada por los agentes para aprender de forma autónoma y sin supervisión. En este caso la única fuente de conocimiento es la retroalimentación que un agente recibe de su entorno después de ejecutar una acción. Este algoritmo tiene dos características principales: 1) ensayo y error y 2) recompensa retardada. Por ensayo y error se supone que un agente no tiene ningún conocimiento previo sobre el entorno y la recompensa es la señal de retroalimentación.

### ***Teoría de juegos***

Es una herramienta matemática que pretende modelar el comportamiento de entidades racionales en un entorno conflictivo (Fudenberg y Tirole, 1991). En una herramienta en la que varios jugadores se enfrentan a una serie de situaciones en donde deben tomar medidas que, en la mayoría de los casos, pueden afectar los intereses de otros (Abbas, Nasser y Ahmad, 2015).

### ***Supervisado***

El aprendizaje supervisado se usa cuando los datos de entrenamiento están etiquetados, es decir, se conoce información a priori acerca del ambiente.

### ***Redes neuronales***

Las redes neuronales se asemejan al cerebro en dos aspectos (Haykin, 1998): 1) el conocimiento es adquirido por la red de su entorno a través de un proceso de aprendizaje, y 2) las fuerzas de conexión interneuronas, conocidas como pesos sinápticos, se utilizan para almacenar el conocimiento adquirido. Algunas de las capacidades y ventajas de las redes neuronales incluyen el modelado de comportamientos no lineales y la capacidad de adaptación ante

cambios pequeños y su principal ventaja es la necesidad de realizar un entrenamiento bajo diferentes condiciones del entorno.

### ***Máquina de soporte vectorial (MSV)***

Las máquinas de soporte vectorial son el conjunto de algoritmos que tienen la capacidad de aprender bajo la supervisión de un agente de software. Su principal modo de operación está en función de la regresión y la clasificación en el aprendizaje. Siendo el principal objetivo el establecer un modelo de predicción.

#### **6.3.4. Funciones de decisión**

##### ***Función de utilidad***

La función de utilidad tiene por objetivo maximizar la satisfacción del usuario de acuerdo a ciertos parámetros y restricciones.

##### ***Función de costo***

La función de costo a diferencia de la función utilidad busca minimizar el costo de ciertos parámetros teniendo en cuenta las restricciones del caso.

#### **6.3.5. Estadísticos**

Estas técnicas están basadas en conceptos de estadísticas y probabilidad, como las redes bayesianas, las cadenas de Markov y los árboles de decisión.

##### ***Redes bayesianas***

Las redes bayesianas son modelos probabilísticos gráficos que dependen de la interacción de diferentes nodos para así generar aprendizaje en cada nodo involucrado en el proceso; mediante el enfoque bayesiano, que es una técnica de aprendizaje probabilístico, se proveen inferencias exactas y se estiman modelos de probabilidad completa donde el conocimiento a priori o los resultados sean usados para construir un modelo actualizado (Bols-tad, 2007; Yonghui, 2010).

## ***Cadenas de Markov***

Los modelos de Markov (Markov chain analysis, MCA) son usados para modelar procesos aleatorios que cambian de un estado a otro en el tiempo. El estado futuro depende del estado presente y dichos estados son visibles al observador, en contraste con los modelos ocultos de Markov (hidden Markov models, HMM), dichos estados no son visibles (Fraser, 2008).

### **Árboles de decisión**

Los árboles de decisión son un modelo que predice el valor de una clase objetivo, basada en diversidad de variables de entrada. En un árbol de decisión cada nodo tiene un atributo, cada rama representa el resultado de una prueba y cada hoja representa la etiqueta de una clase.