



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

REDISEÑO DEL PROCESO DE SERVICIO DE SOPORTE DE HARDWARE DE UNA
EMPRESA DE TECNOLOGÍA PARA LA X REGIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

IGNACIO ANDRÉS ACUÑA FRÍAS

PROFESORA GUÍA:
ASTRID CONTRERAS FUENTES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
EDGARDO SANTIBAÑEZ VIANI
FELIPE VILDOSO CASTILLO

SANTIAGO DE CHILE
2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: IGNACIO ANDRÉS ACUÑA FRÍAS
FECHA: 2020
PROF. GUÍA: ASTRID CONTRERAS FUENTES

REDISEÑO DEL PROCESO DE SERVICIO DE SOPORTE DE HARDWARE DE UNA EMPRESA DE TECNOLOGÍA PARA LA X REGIÓN

El presente trabajo de título aborda el rediseño del servicio de mantención de hardware ofrecido por una empresa de tecnología a un cliente, cuyo negocio se centra en brindar infraestructura tecnológica para la realización de transacciones comerciales. Este cliente subcontrata a la empresa de tecnología el servicio de soporte y mantención en terreno del hardware habilitante para la correcta operación de sus comercios afiliados. Esto presenta un desafío logístico para la empresa de tecnología ocasionado principalmente por el gran volumen de comercios a los que se presta servicio, y a los exigentes criterios de éxito pactados en el contrato. El rediseño tuvo como alcance la décima región del país por ser una de las zonas con mayor potencial de mejora en la calidad del servicio, y tuvo como objetivo mejorar los niveles de atención del servicio (asociados a velocidad de respuesta a los requerimientos).

La metodología empleada para el desarrollo del trabajo de tesis fue la llamada IPPR (Integrated Product and Process Reengineering). Este método busca encontrar puntos de mejora en los procesos a través de la ejecución de las siguientes tres fases secuenciales:

- i) Análisis de problemas y representación de la información relevante
- ii) Diagnóstico de las oportunidades de rediseño
- iii) Síntesis de las soluciones

En el *(i) análisis del problema y representación de la información relevante* se realizó un levantamiento y análisis de información histórica, de más de tres meses de requerimientos de hardware atendidos. Mediante el modelamiento BPMN de los procesos y el análisis estadístico de los requerimientos según tipo, fecha y localización se pudo tener una comprensión del funcionamiento del negocio y el impacto de distintos factores en la calidad del servicio. Los resultados encontrados fueron la existencia de requerimientos posibles de atender sin necesidad de visita y un mecanismo no óptimo de asignación de personal técnico en terreno. En el *(ii) diagnóstico de las oportunidades de rediseño* se utilizaron los resultados de la fase anterior para, mediante un árbol de problemas y soluciones, encontrar oportunidades de mejora en el servicio. Estas oportunidades fueron la implementación de un mecanismo de gestión previa a la atención en sitio del requerimiento para evitar visitas en terreno a requerimientos sin necesidad, y la optimización matemática de la forma de asignar las localidades al personal técnico.

Con estas oportunidades de mejora identificadas se procedió a proponer soluciones tecnológicas en la fase de *(iii) síntesis de las soluciones*. Estas incluyeron un modelo de optimización para la asignación de técnicos en terreno usando algoritmos de generación de columnas y programación lineal entera, y un sistema de gestión previa mediante un bot telefónico.

Finalmente, se exponen los resultados de las soluciones prototípicas y las conclusiones finales, que incluyen una revisión de como fueron cumplidos los objetivos planteados, los riesgos asociados a la propuesta de rediseño y líneas a abordar en trabajos futuros.

A Andrés, Liliana y Carolina

*"Y deberás crecer
sabiendo reír y llorar"*

Luis Alberto Spinetta

Tabla de Contenido

Introducción	1
1.1. Antecedentes Generales	1
1.1.1. Caracterización de la empresa	1
1.1.2. Mercado	3
1.1.3. Desempeño organizacional	3
1.2. Planteamiento y justificación del problema	5
1.2.1. Información del área de la organización	5
1.2.2. Identificar el problema u oportunidad y su relevancia, con sus efectos y posibles causas	6
1.2.3. Identificar hipótesis y posibles alternativas de solución para resolver el problema u oportunidad	7
1.2.4. Propuesta de valor de las posibles soluciones o impacto del cambio propuesto	7
1.2.5. Estado del arte	8
1.3. Marco conceptual	9
1.3.1. ¿Qué se entiende por un proceso de negocios?	9
1.3.2. ¿Qué se entiende como el rediseño de un proceso de negocios?	9
1.3.3. ¿Quiénes actúan en un rediseño de proceso de negocios?	10
1.3.4. Metodología de un rediseño de procesos	10
1.4. Metodología	12
1.5. Objetivos, resultados esperados y alcances	12
2. Análisis de problemas y representación de la información relevante	14
2.1. Descripción del servicio	14
2.2. Recursos humanos	15
2.3. Distribución geográfica de requerimientos	17
2.4. Distribución diaria de requerimientos	21
2.5. Distribución de requerimientos según tipo	24
2.6. Procesos para la ejecución de un requerimiento (AS-IS)	26
3. Diagnóstico de las oportunidades de rediseño	29
4. Síntesis de las soluciones	35
4.1. Planteamiento propuestas de mejoras	35
4.1.1. Sistema de gestión previo al requerimiento	35
4.1.2. Optimización de decisión de rutas	39

4.1.3. Procesos para la ejecución de un requerimiento (TO-BE)	54
4.2. Resultados implementación	56
4.2.1. Sistema de gestión previo al requerimiento	56
4.2.2. Optimización de decisión de rutas	58
Conclusión	61
Anexos	65
Bibliografía	71

Índice de Tablas

1.1. Revenue 3Q 2019 por unidad de negocios	4
2.1. Tabla de penalidades según SLA	15
2.2. Categorización de ciudades según tipo	17
2.3. Cantidad de requerimientos atendidos según estadía en clúster	19
2.4. Requerimientos recibidos por día	21
2.5. Requerimientos atendidos por día	22
2.6. Capacidad de atención de los técnicos	22
2.7. Tipo de requerimientos por categoría	24
4.1. Valorización de proyecto para 600 llamadas efectivas	57
4.2. Rendimiento y resultados de métodos de resolución	58
4.3. Matriz de distancia (medida en segundos)	66
4.4. <i>(continuación)</i> Matriz de distancia (medida en segundos)	67
4.5. Matriz de distancia (medida en metros)	68
4.6. <i>(continuación)</i> Matriz de distancia (medida en metros)	69

Índice de Ilustraciones

1.1. Precio acción IBM	4
1.2. Fases IPPR	11
1.3. Actividades IPPR	11
2.1. Organigrama del proyecto	15
2.2. Distribución de requerimientos	18
2.3. Clusterización vía k-medianas (en azul los centroides)	19
2.4. Clusterización vía k-medias (en azul los centroides)	19
2.5. Clusterización de localidades	20
2.6. Requerimientos recibidos por día	21
2.7. Requerimientos atendidos por día	22
2.8. Días desde la apertura hasta la resolución	23
2.9. Asignación de requerimiento durante día hábil	27
2.10. Asignación de día hábil siguiente	28
3.1. Estructura árbol de problemas	30
3.2. Estructura árbol de soluciones	31
3.3. Árbol de problemas	32
3.4. Árbol de soluciones	33
4.1. Arquitectura de componentes Callbot	36
4.2. Flujo conversacional Callbot	37
4.3. Flujo conversacional Callbot	37
4.4. Dashboard de visualización de gestiones	38
4.5. Recorrido con subtours	40
4.6. Recorrido sin subtours	40
4.7. $f(n) = 2^n - 2$	41
4.8. Esquema resolución vía generación de columnas	47
4.9. Esquema alternativas resolución	48
4.10. Asignación de día hábil siguiente	54
4.11. Asignación de requerimiento durante día hábil	55
4.12. Rendimiento métodos de resolución	59
4.13. Línea de tiempo IBM	65

Introducción

1.1. Antecedentes Generales

1.1.1. Caracterización de la empresa

IBM es una empresa perteneciente al sector de tecnologías, fundada en Estados Unidos el año 1911, con participación en más de 170 países a nivel global. En Chile la empresa se instaló el 10 de abril de 1929 con tan solo dos empleados, convirtiéndose en la cuarta oficina en Latinoamérica (Medina, 2011) [25]. Las pioneras fueron Argentina, Brasil y Uruguay (Medina, 2008) [24]. La corporación, que celebra 90 años en el país, es una de las 30 empresas incluidas en el índice bursátil estadounidense Dow Jones. A nivel mundial cuenta con aproximadamente 380.000 trabajadores (Goel, 2017) [10] y, si bien a nivel local no se pudieron obtener las cifras exactas, debido a políticas de confidencialidad de la empresa, se estima que hay 1.500 trabajadores en Chile.

El negocio tradicional de la empresa fue durante muchos años la fabricación de computadores e infraestructura de hardware, siendo una empresa pionera en innovación, inventado por ejemplo, el primer disco duro, los disquetes y los códigos de barra. En Chile, tras su establecimiento en 1929, uno de los primeros proyectos de la empresa fue prestar apoyo a la *Dirección General de Estadística* (ahora conocido como *Instituto Nacional de Estadística, INE*) en el censo nacional de 1930, suministrando máquinas tabuladoras para los cómputos asociados a ese evento nacional. Durante esa época y en los años posteriores, el negocio de IBM en Chile estuvo conducido principalmente por la venta de máquinas tabuladoras, cuyo principal cliente fue el Estado de Chile. (Medina, 2008) [24]

En la década de los 50 emergió el uso de las tarjetas perforadas como mecanismo de almacenamiento de información, siendo IBM la única empresa en contar en Chile con una fábrica de producción de estas, lo que le permitió una participación mayoritaria en el mercado y consolidarse. Los mayores clientes de la compañía en esa época eran la Armada de Chile, la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y la Empresa Chilena de Electricidad *Chilectra*. (Medina, 2008) [24] La década de 1960 fue un período importante para el crecimiento de la compañía, ya que en 1964 se anuncia el System/360, una familia de mainframes que fueron un éxito comercial a nivel mundial. Esta familia de nuevos computadores, que representaron una inversión en investigación de 5 billones de dólares de la época (más de 30 billones de dólares actuales) (IBM, 2001) [17] fueron un éxito a nivel mundial, logrando posicionar a la firma

como una de las empresas más importantes de la época. Uno de los primeros mainframes adquiridos en Chile fue el la Universidad de Chile en 1967 (Medina, 2008) [24]. Durante la década de los 70, la empresa siguió potenciando el negocio de los mainframes, siendo el principal actor del mercado, introduciendo en paralelo innovaciones como los disquetes (1971) y el código de barras (1979). (IBM, 2001) [17]

Luego en 1981 la compañía introdujo al mundo el primer computador portátil: el IBM PC, lo que permitió el inicio de la masificación de los computadores de uso personal, madurando hasta la serie *ThinkPad* (IBM, 2001) [17]. El negocio principal de la empresa estaba en la fabricación de equipamiento computacional, pero los avances tecnológicos derivaron en la aparición de la arquitectura cliente-servidor (que disminuyó la venta de los mainframes) y al surgimiento de actores emergentes en el mercado capaces de competir en la fabricación de computadores personales, lo que se tradujo en un negocio de bajos márgenes para IBM por ser una compañía con una estructura de costos grande en comparación con otros actores pequeños más diversificados. Estos factores llevaron a IBM a declarar pérdidas por más de 8 billones de dólares en 1993 y a replantear su estrategia comercial.

Durante los años 90 la institución empezó a invertir en otros mercados, como los servicios profesionales y en la industria del software con productos como: DB2, Lotus, Rational, WebSphere y Tivoli. Estas industrias ofrecían mayores márgenes que el otrora exitoso negocio de la fabricación de computadores. Estos cambios estratégicos se mantuvieron en el tiempo, reflejados en acciones como la compra de la división de consultoría de PwC el año 2002 y la venta del negocio de fabricación de PC's a la empresa china Lenovo en el año 2005.

Posteriormente, en la década del 2010 la empresa comienza a posicionarse en el mundo de la inteligencia artificial (a través de su familia de productos *Watson*), siendo una de las entidades líderes de este rubro. Luego la empresa toma como decisión estratégica el posicionamiento en el mundo de computación en la nube, tanto pública como privada, con la adquisición de la empresa RedHat, líder en software empresarial basado en código libre, el año 2019 (RedHat, 2019) [13].

Misión y visión: La empresa no declara una misión, sin embargo, la estrategia establecida para el último tiempo es *“liderar rápidamente la reorganización la industria de las tecnologías de la información”* (IBM, 2019) [16]. Los valores fijados por la organización son (IBM, 2019) [15]:

1. Dedicación al éxito de cada cliente
2. Innovación que importa a la compañía y al mundo
3. Confianza y responsabilidad en todas las relaciones

IBM es una sociedad anónima por acciones sin un accionista mayoritario relevante, con ingresos a nivel global de \$79.591 billones de dólares (Macrotrends, 2019) [22]. Su CEO global es Ginny Romety, primera mujer en la historia en ser CEO de la empresa.

1.1.2. Mercado

Actualmente los principales servicios ofrecidos por IBM, tanto en Chile como el mundo, son de consultoría (GBS), mantención de infraestructura tecnológica (GTS), servicios de software y servicios de computación en la nube e inteligencia artificial (IBM Cloud).

Debido a que la empresa presenta diversas líneas de negocios, los competidores principales de IBM varían según el tipo de servicio que se considera. Para el caso de la computación en la nube, compite con Amazon, Google y Microsoft principalmente, ocupando el tercer puesto en el sector con un 7%, tras Amazon (34%) y Microsoft (15%) (Synergy Research Group, 2018) [11], y para el caso de software, específicamente el de almacenamiento de datos empresariales, compite con Dell, Hitachi, NetApp y HPE, siendo IBM la cuarta en participación de mercado en este segmento con un 3% a nivel global (IDC, 2018) [19].

Al ser un actor con líneas de negocios diversificadas, tiene competidores muy variados.

Los principales servicios por área son:

- **IBM Cloud:**

- Aplicaciones Cognitivas: Unidad enfocada en el desarrollo de soluciones y software integral basado en métodos de inteligencia artificial, con un fuerte enfoque en la utilización de las diversas plataformas y herramientas de la familia Watson.
- Plataformas Cloud/Data: Servicios de PaaS (Plataforma como servicio), IaaS (Infraestructura como servicio) y SaaS (Software como servicio) en la nube.
- Plataformas de procesamiento de transacciones: Servicio de procesamiento de datos transaccionales mediante mainframes de alta capacidad y seguridad.

- **GTS:**

- Servicios de infraestructura: Administración, optimización y modernización de infraestructura habilitante para la operación de los negocios.
- Servicios de soporte de tecnología (TSS): Servicios de soporte de hardware y software multiproveedor.

- **GBS:**

- Consultoría: Servicios profesionales. Proyectos de consultoría en T.I.
- Administración de aplicaciones: Administración de aplicaciones a lo largo del ciclo de desarrollo. Servicios de DevOps para mejorar la efectividad de los procesos complejos del desarrollo de software.
- Global Process Services: Servicios de rediseño de procesos estratégicos tecnológicos.

1.1.3. Desempeño organizacional

En los últimos años, la empresa ha ido cediendo liderazgo en el mundo de las tecnologías, principalmente por la versatilidad de los negocios tecnológico en las últimas décadas, donde la compañía paso de ser el actor dominante en un negocio de altos márgenes (los mainframes) a competir en un mercado mucho más competitivo y diversificado (los computadores portátiles).

A eso se le suma la disrupción tecnológica que supuso la aparición y masificación de internet, lo que llevo a que emergieran actores como Amazon y Google que acapararon parte de la participación del mercado otrora dominado por IBM.

Esto ha hecho que IBM se haya reestructurado durante los años, realizando giros radicales en su dirección estratégica, que se reflejan en acciones como la venta de sus plantas de fabricación de PC's a Lenovo. Debido a la nueva estrategia comercial corporativa, la computación híbrida, recientemente adquirió a la empresa de desarrollo de software de código abierto empresarial RedHat, en una operación de aproximadamente 34 mil millones de dólares. (RedHat, 2019) [13]

Como se puede apreciar en la figura 1.1, la empresa tuvo un crecimiento sostenido a lo largo de los últimos 30 años, teniendo en los últimos 7 un rendimiento estable en términos de market cap.



Figura 1.1: Precio acción IBM

Los resultados del tercer semestre del 2019 **a nivel mundial**, época de escritura de la presente memoria, pueden verse en la tabla 1.1. (IBM, 2019) [18]

Unidad	Revenue (billones USD)
Cloud	\$5.3
Aplicaciones Cognitivas	\$1.4
Plataformas Cloud & Data	\$2.3
Plataformas de procesamiento de transacciones	\$1.6
GTS	\$6.7
Servicios de infraestructura	\$5.1
Servicios de soporte de tecnología (TSS)	\$1.6
GBS	\$4.1
Consultoría	\$2.0
Administración de aplicaciones	\$1.9
Global Process Services	\$0.2
Total	\$16.1

Tabla 1.1: Revenue 3Q 2019 por unidad de negocios

1.2. Planteamiento y justificación del problema

1.2.1. Información del área de la organización

El área de la empresa donde se realizó el presente trabajo de título es GTS (*Global Technology Services*), en particular en la sub área que tiene por nombre *Technology Support Services (TSS)*, que se encarga de prestar soporte y mantención de infraestructura (fabricada o no por IBM) de tecnologías de la información a otras compañías. Este tipo de soporte incluye, por ejemplo: soporte para sistemas operativos heterogéneos, virtualización de servidores, almacenamiento y administración de base de datos, y servicio técnico sobre equipamientos defectuosos.

Los contratos de soporte mantenidos por el área se organizan en niveles de criticidad de la problemática. Estos niveles de soporte se clasifican en 4:

- **Nivel 1:** Un problema crítico para el cliente, que significa que el equipamiento no puede prestar servicio.
- **Nivel 2:** Un problema que representa un impacto significativo en el rendimiento del equipamiento, pudiendo la máquina prestar servicio usando solo sus funciones básicas.
- **Nivel 3:** Un problema que no representa un impacto significativo en el rendimiento de los equipamientos, pudiendo la máquina prestar servicio.
- **Nivel 4:** Un problema que no representa un impacto. Clarificaciones o preguntas de funcionamiento.

Dependiendo de la categorización del problema, los contratos (vía común acuerdo de las partes) especifican un *Service Level Agreement* (llamado también SLA por su sigla) que es el tiempo máximo que tiene IBM para cumplir con el restablecimiento a la normalidad de la infraestructura, una vez reportado el incidente. En caso de incumplimiento, los contratos estipulan penalizaciones económicas o cláusulas de terminación de contrato.

Los contratos pueden ser (i) directos con la empresa a la que se prestará la atención, o (ii) de *outsourcing* en casos de empresas que presten servicios complejos y transversales a una empresa principal, no teniendo las primeras la especialización en el el soporte de hardware, por lo que subcontratan esa parte del servicio a IBM.

El soporte ofrecido es tanto remoto como on-site con clientes localizados a lo largo de todo el país, lo que hace necesario la existencia de técnicos desplegados en las distintas comunas de Chile, para dar soporte tecnológico a diversos rubros, como las telecomunicaciones, la minería, el retail y la banca.

1.2.2. Identificar el problema u oportunidad y su relevancia, con sus efectos y posibles causas

El principal problema que presenta el área de mantención de hardware (TSS) es la atención y planificación de incidencias de hardware, ya que actualmente dicha área acaba de incorporar un nuevo cliente que aumentó de manera considerable la demanda de atención de requerimientos, lo que ha sido difícil de estabilizar durante los primeros meses de servicio. Eso ya que, además de **duplicar el volumen de requerimientos**, este nuevo cliente trajo consigo una gran **capilaridad en el servicio** a través de las comunas de Chile. Un ejemplo de esto, es que se da soporte técnico a localidades rurales, con menos de 500 habitantes alejadas de las grandes ciudades y a lugares urbanos con más del millón de habitantes, como Santiago.

Sus principales efectos son económicos, debido a la existencia de *Service Level Agreements* (SLAs), que establecen la cantidad de tiempo máximo para la atención de los requerimientos (donde dependiendo del contrato se establece, por ejemplo, un tiempo máximo de días o semanas para la resolución de la incidencia), que de no ser cumplidos, la empresa recibe una **penalización económica** (pactada en el contrato de prestación de servicios), y en casos más complejos, puede resultar en la **terminación anticipada del contrato**.

Debido al gran volumen de incidencias atendidas por la empresa y que la mayoría de las gestiones son coordinadas de forma manual, se genera una gran dependencia del recurso humano. Esto genera que los costos de operación sean altos, puesto que no se aprovechan herramientas para optimizar los recursos humanos, ni para mejorar los procedimientos internos, lo que permitiría liberar horas hombre y simplificar la carga laboral.

La revisión e implementación de mejoras es una tarea que conllevaría beneficios a largo plazo, ya que la logística asociada al tratamiento de estos nuevos volúmenes de información aún está en gestación, lo que **abre una ventana de oportunidad para poder implementar propuestas de mejora**.

Desde un punto de vista monetario, el riesgo potencial económico primario es la pérdida del contrato de prestación de servicios. Asumiendo un beneficio monetario mensual de USD 500.000, la pérdida de servicio significaría un perjuicio monetario de ese valor solamente para este servicio. Esta pérdida potencial anual ascendería hasta USD 6.000.000 **solamente en la prestación de este servicio**. A su vez, las multas asociadas a una baja calidad de servicio pueden llegar hasta un %10 de la facturación como se verá más adelante, lo que podrían suponer una pérdida mensual de USD 50.000.

A demás, este no es la única pérdida potencial, ya que existe un factor reputacional que es de mucha importancia para el desarrollo de otros negocios afines tanto con el mismo cliente abordado como con otros clientes del mismo mercado. Esto podría extrapolarse a una pérdida de beneficios percibidos a largo plazo debido a la pérdida de futuros negocios. Una pérdida de un porcentaje mayor a un 10% de revenue podría significar pérdidas mayores a USD 5.000.000 anuales.

1.2.3. Identificar hipótesis y posibles alternativas de solución para resolver el problema u oportunidad

Como el área presenta un contrato que le obliga a prestar servicio *in-situ* en comunas a lo largo y ancho del país, en ventanas de tiempo de ejecución acotadas, se hace indispensable una buena gestión para abordar los requerimientos ya que ocurre con frecuencia que los tiempos de viaje consumen mucho del tiempo total de resolución, lo que lleva a que los índices de SLA no sean óptimos en zonas de difícil acceso, como las comunidades rurales.

Esto genera multas a la facturación, pero lo más importante es que, como se mencionó anteriormente, puede resultar en el término de contrato anticipado debido a las cláusulas que buscan garantizar un mínimo nivel de SLA mensual. Actualmente, si bien la empresa se encuentra dentro de los rangos aceptados de SLA, una mala organización puede significar en la pérdida de un contrato de alta importancia para la compañía.

La hipótesis planteada es que, usando las herramientas tecnológicas propias de la compañía para el desarrollo de propuestas de mejora, será posible **hacer más efectivo el servicio de mantenimiento de hardware sin aumentar significativamente la estructura de costos**. Para esto se plantea como posibles alternativas de solución la utilización de algoritmos de optimización y el desarrollo de aplicaciones, que utilicen los servicios de inteligencia artificial de IBM.

1.2.4. Propuesta de valor de las posibles soluciones o impacto del cambio propuesto

El rediseño del proceso puede generar un impacto importante en el área de TSS, ya que la materialización del contrato con este nuevo cliente **duplicó el volumen a nivel nacional de los requerimientos** a tratar. Este incremento en la volumétrica de requerimientos también incrementa la complejidad de la administración y gestión del proyecto, ya que el contrato firmado es con un cliente con mucha capilaridad a nivel país, teniendo presencia hasta en las regiones más remotas, lo que en consecuencia implica brindar áreas de cobertura muy extensas por parte de IBM.

Lo anterior obligó a la empresa a realizar un incremento en capacidad con una significativa inversión inicial para dar abasto, por lo que para el corto plazo no se tiene presupuestado una fuerte modificación de la estructura de costos. Es por esto que la propuesta de valor es lograr una mayor eficiencia en el servicio, por medio de **propuestas propias apalancadas con la tecnología ofrecida por la misma compañía**.

El impacto esperado de las propuestas de rediseño, es poder ser replicado en las distintas carteras de clientes, tanto a nivel nacional como internacional, **impulsando la innovación dentro del área**.

1.2.5. Estado del arte

Al analizar otros rediseños de procesos similares, se pudo apreciar que uno de los enfoques principales y más utilizados para las propuestas, hacen referencia a la dotación de personal para la realización de las actividades, con una redefinición de roles y tareas dentro de la organización (Horst, 2017)[14], (Varela, 2016) [31], (Montaña, 2019) [26]. Estos enfoques tiene un alto costo de implementación, lo que aumenta la estructura de costos operacionales de la empresa, lo que es un factor que no se puede aumentar de forma sustancial ya que los márgenes del proyecto no lo permiten.

Otro enfoque utilizado es la implementación de algún software de control de gestión o de apoyo a la realización de tareas específicas, que permitan automatizar procesos con tal de disminuir la carga sobre el personal (Horst, 2017)[14], (Montaña, 2019) [26]. La implementación del software empresarial propietario es una inversión que puede ser costosa debido a los valores de licenciamiento, razón por la cual, debido a la restricción presupuestaria mencionada antes, el presente trabajo de título buscará desarrollar las herramientas necesarias para el cumplimiento de los objetivos, haciendo uso de la suite de herramientas que IBM tiene a disposición.

1.3. Marco conceptual

1.3.1. ¿Qué se entiende por un proceso de negocios?

Para entender bien que significa el rediseño de un proceso de negocios, primero es necesario precisar que es lo que se entenderá por esto. Para esto se ocupará la definición de Johansson que define un proceso de negocios como: “*un conjunto de actividades que toman insumos (inputs) y los transforman en productos (outputs). Idealmente, la transformación ocurrida en el proceso debería agregar valor a los inputs y crear outputs más útiles y efectivos*” (Johansson, 1994) [20]

Otras definiciones consideran un proceso como:

1. “Un conjunto de actividades íntimamente interrelacionados que existen para generar un bien o servicio, el cual tiene un cliente interno o externo a la empresa en que opera”. (Barros, 2000) [3].
2. “Un conjunto de actividades estructuradas designadas para producir un output para un cliente o mercado en particular. Implica un fuerte énfasis en como el trabajo se realiza en la organización en contraste a un énfasis en el producto. Un proceso es luego un orden específico de actividades a través del tiempo y el espacio, con un principio y un fin, con insumos y productos claramente definidos: una estructura para la acción.” (Davenport, 1993) [6]

Como se puede apreciar, existe una relación entre estas definiciones, ya que todas refieren a la transformación de un input hacia un output, agregando valor en esta transformación. De acuerdo a eso, y basados en las definiciones anteriores, según Rotini, Borgianni y Cascini, un proceso de negocios tiene las siguientes características (Rotini, Borgianni, Cascini, 2012) [29]:

1. Alcances, inputs y outputs claramente definidos
2. Actividades ordenadas a través del tiempo y el espacio.
3. Un beneficiario identificable del resultado del proceso, por ejemplo, los consumidores o cualquier stakeholder.
4. Una transformación que agrega valor al output del proceso.
5. Una estructura organizacional.
6. Una o más funciones a realizar.

1.3.2. ¿Qué se entiende como el rediseño de un proceso de negocios?

En el presente texto se entenderá como rediseño de un proceso de negocios lo establecido por Hammer y Champy, lo que se concibe como “un replanteamiento y rediseño radical de los procesos de negocios para alcanzar una mejora dramática en medidas como costo, calidad, servicio y velocidad” (Hammer Champy, 1993) [12]

1.3.3. ¿Quiénes actúan en un rediseño de proceso de negocios?

Hammer y Champy establecieron una tipología de los actores según el rol que cumplen dentro del rediseño, los cuales son (Hammer Champy, 1993) [12]:

1. Líder: un ejecutivo que autoriza y motiva el esfuerzo del rediseño a nivel global. Es el patrocinador del proyecto. Los autores lo definen como el que hace que el rediseño ocurra. Debe tener el poder decisional suficiente para implementar el rediseño para que este no se quede en el papel.
2. Process owner: es el encargado de un proceso específico dentro del rediseño general. Son actores los cuales se encargan de implementar la lógica global del rediseño a las áreas locales involucradas.
3. Steering commite: un conjunto opcional de actores encargados de monitorear y dar los lineamientos estratégicos del rediseño.
4. Reengineering czar: actor responsable de la ejecución técnica de los cambios de las actividades de los procesos.

1.3.4. Metodología de un rediseño de procesos

La metodología escogida para el trabajo de memoria fue la IPPR (Integrated Product and Process Reengineering), la cual busca mediante un proceso secuencial de tres fases entender, diagnosticar y mejorar el proceso analizado.

Estas tres fases son las siguientes (Rotini, Borgianni, Cascini, 2012) [29]:

1. **Análisis de problemas y representación de la información relevante:**
El objetivo de esa fase es obtener la descripción de la situación tal cual se encuentra (AS-IS) investigando las actividades y actores involucrados en el proceso de negocios. El resultado de esta fase es una representación de los aspectos funcionales del proceso. Para esto se debe realizar un levantamiento de información, un mapeo de actores, la realización de entrevistas y la utilización de una notación del modelo de negocios (BPMN) para documentar el proceso.
2. **Diagnóstico de las oportunidades de rediseño:**
Una vez obtenida la representación AS-IS del proceso de negocio, se realiza una identificación de los cuellos de botella y posibilidades de innovación y mejoras, guiadas por un diagnóstico de problemas presentes con sus respectivas causas. Esta fase busca identificar cambios en el proceso AS-IS para generar valor a la compañía.
3. **Síntesis de las soluciones:**
Esta fase busca identificar los instrumentos más adecuados para la aplicación de las especificaciones de la fase anterior, con tal de representar el proceso rediseñado TO-BE. El objetivo luego es identificar las funciones a ser ejecutadas y las mejores maneras técnicas de implementarlas.

Estas fases pueden verse gráficamente en la figura 1.2 y la figura 1.3.

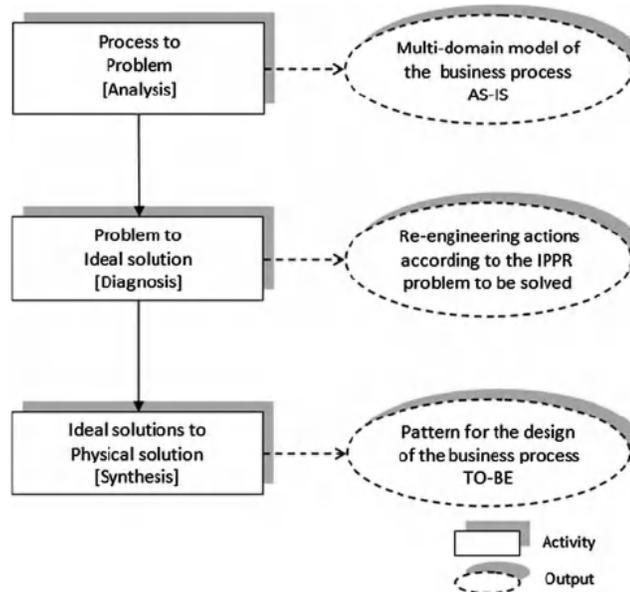


Figura 1.2: Fases IPPR

Phase	IPPR activity
<i>Step 1</i>	
Process to problem	Process modelling
	Product information elicitation
	Product modeling
<i>Step 2</i>	
Problem to ideal solution	Identification of what should be changed in the process
<i>Step 3</i>	
Ideal solution to physical solution	Finding physical solutions for new process implementation

Figura 1.3: Actividades IPPR

1.4. Metodología

Como se mencionó en el marco teórico la metodología a utilizar corresponde a la IPPR (Integrated Product and Process Reengineering). Es por eso que el trabajo se dividirá en las 3 fases descritas:

1. **Análisis de problemas y representación de la información relevante:**

Para esta fase se realizará un levantamiento de información de los procesos de atención y soporte de hardware. Es por eso que se realizará un mapeo de actores, con sus debidas responsabilidades. Se tendrá acceso a la base de datos de registros de incidencias de hardware, por lo que se realizará un análisis categorización de incidentes y la frecuencia de ocurrencia de estos. Se realizarán entrevistas con los actores involucrados para conocer sus puntos de vista con tal de buscar defectos y fortalezas del proceso. Finalmente se modelará usando notación BPMN.

2. **Diagnóstico de las oportunidades de rediseño:**

De la información recopilada en la fase anterior se realizará, a través de un árbol de problemas y un análisis de las etapas del proceso, un diagnóstico con tal de buscar puntos críticos para luego proponer alternativas de solución.

3. **Síntesis de las soluciones:**

Esta fase incluirá la recomendación de una situación TO-BE para mejorar el proceso de atención de fallas de hardware. Esto incluirá la implementación de aquellas mejoras relacionadas con tecnologías de la información, como programación de ruteo o automatización de procesos que sean necesarias. Esta fase también incluye una evaluación de la situación TO-BE con tal de poder comparar con la situación AS-IS para ver los beneficios subyacentes al rediseño.

1.5. Objetivos, resultados esperados y alcances

Los **objetivos** planteados en el presente trabajo de título son los siguientes:

● **Objetivo general:**

Proponer un rediseño de procesos que permita mejorar la eficiencia y los indicadores del nivel de servicio para la mantención de requerimientos de hardware de IBM en la décima región.

● **Objetivos específicos:**

1. Describir, representar (modelar) y documentar el proceso de negocio y a sus actores asociados, a partir del levantamiento de información acerca el estado actual de los niveles de servicio y de los procesos involucrados.
2. Realizar un diagnóstico de las oportunidades de diseño considerando el análisis de la información recopilada, para así identificar puntos de mejora y de baja eficiencia en los procesos involucrados.
3. Proponer soluciones que, mediante el uso de tecnologías de la información, mejoren

la eficiencia de la atención de requerimientos de hardware.

4. Implementar prototipos funcionales que permitan validar las soluciones propuestas
5. Evaluar impacto de la implementación de las soluciones planteadas.

Los **alcances** del presente trabajo de título son:

- El rediseño del proceso estará acotado a la décima región porque es uno de los lugares con niveles de SLA más bajo, y de la que se tenía acceso a los datos.
- Las soluciones propuestas no afectarán la estructura organizacional actual de la empresa.
- Las soluciones propuestas serán de carácter tecnológico, de desarrollo e implementación propia.

Los **resultados esperados** son:

- Identificación de puntos de mejora dentro del proceso de atención de requerimientos de hardware recibidos por IBM Chile
- Realización de propuestas de mejoras de carácter tecnológico que solventen los puntos de mejora identificados
- Implementación de prototipos de las propuestas tecnológicas planteadas y evaluación del impacto potencial de estas en su modalidad productiva

Capítulo 2

Análisis de problemas y representación de la información relevante

2.1. Descripción del servicio

El servicio prestado por IBM consiste en la mantención y soporte del equipamiento tecnológico, utilizado para las transacciones comerciales de las instituciones afiliadas al cliente, a los cuales la empresa presta servicio.

La mesa de ayuda, un *contact center* telefónico del cliente que contrata a IBM, al recibir una solicitud de servicio por parte de alguno de sus comercios afiliados, analiza si el problema puede ser atendido vía telefónica (por ejemplo, que el dispositivo esté desactivado en el sistema comercial). En caso en que se determine que no se puede dar solución por esta vía, se genera un requerimiento para que IBM realice la gestión para resolver en terreno el inconveniente del comercio.

Una vez que el requerimiento ha sido ingresado a la plataforma de gestión de incidentes de IBM, se tiene un tiempo máximo de atención, que depende de la ubicación geográfica del comercio. Por ejemplo, puede existir un comercio con tiempo máximo de resolución de 3 horas, mientras que un comercio en una localidad de mayor dificultad de acceso, puede tener un tiempo máximo de resolución de 10 horas.

La cantidad de requerimientos atendidos dentro del periodo establecido es el SLA (*Service Level Agreement*) a cumplir. Como es usual en contratos de servicio de soporte, según el nivel de SLA (medido en porcentaje de clientes que fueron atendidos en la ventana de tiempo correspondiente), existen multas sobre la facturación del contrato, similares a las que se describen en la tabla 2.1.

Además de tener penalidades monetarias, los contratos de servicios de soporte establecen cláusulas de término anticipado de contrato si los niveles de SLA no son satisfactorios en períodos de tiempo (valores que están expuestos en el contrato).

Nivel de cumplimiento SLA	Penalidad
Mayor a 95 %	sin penalidad
90 % a 95 %	2 % de la facturación
85 % a 90 %	4 % de la facturación
80 % a 85 %	6 % de la facturación
75 % a 80 %	8 % de la facturación
Menor a 75 %	10 % de la facturación

Tabla 2.1: Tabla de penalidades según SLA

2.2. Recursos humanos

El proyecto en el cual se enmarca el trabajo de tesis es ejecutado por un área con un equipo de **más de 50 personas**, cuyo organigrama puede apreciarse en la figura 2.1.

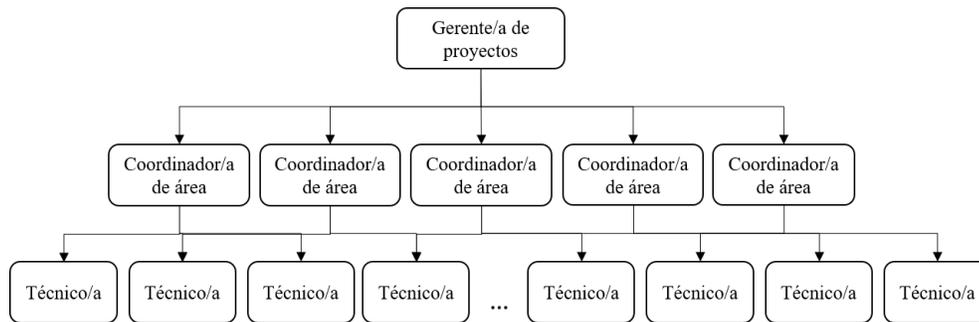


Figura 2.1: Organigrama del proyecto

Donde los roles son:

- **Gerente de proyectos:** 1 persona.
Encargado del direccionamiento estratégico del negocio. Entre sus tareas están la relación con el cliente para asegurar su satisfacción, la gestión comercial del contrato y el monitoreo del rendimiento financiero y de rentabilidad del proyecto. Participa en la búsqueda y gestión de nuevas oportunidades en el negocio. Él es **dueño de proceso**, y para el rediseño, siguiendo la clasificación enunciada en el capítulo anterior, es el **líder del rediseño**. En su calidad de líder del rediseño es el dueño del macro-proceso (del servicio a nivel global) y es quien patrocina, dirige estratégicamente y es responsable del cumplimiento del macro-proceso frente al cliente y a la organización.
- **Coordinador de área:** 5 personas.
Encargados de la gestión de los incidentes, desde su asignación a técnico en terreno, la coordinación con los clientes y cualquier requerimiento previo que pudiese ser necesario, hasta el cierre en la plataforma de gestión. Para el rediseño, siguiendo la clasificación enunciada en el capítulo anterior, son los **process owners** del área. A diferencia del líder del rediseño, estos tienen un rol operacional y son los encargados del cumplimiento de, principio a fin, de los procesos operacionales particulares que componen al macro-

proceso. Son responsables del cumplimiento operacional del área frente el líder del proceso.

- **Técnico:** 45 personas.

Encargados de la ejecución y resolución del soporte en sitio de los problemas de hardware reportados por los clientes. Se ubican en distintos puntos del país para asegurar una cobertura que permita atender todo el territorio.

2.3. Distribución geográfica de requerimientos

El servicio de mantención de hardware divide las ciudades en dos categorías: las ciudades *capital* (las ciudades más grandes de la región según población y, donde además, residen los técnicos) y las denominadas *ruta* (el resto de las ciudades). Como se mencionó anteriormente, el alcance del rediseño del servicio fue la décima región, donde las urbes catalogadas como capital son **Osorno** (donde reside 1 técnico), **Puerto Montt** (donde residen 2 técnicos) y **Castro** (donde reside 1 técnico). El detalle de las categorías de las ciudades puede verse en la tabla 2.2.

COMUNA	ACHAO	ANCUD	CALBUCO	CASTRO	CHAITEN	CHONCHI	COCHAMO	CURACO DE VELEZ	
TIPO	RUTA	RUTA	RUTA	CAPITAL	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	
COMUNA	DALCAHUE	FRESIA	FRUTILLAR	FUTALEUFU	HUALAIHUE	LLANQUIHUE	LOS MUERMOS		
TIPO	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA		
COMUNA	MAULLIN	OSORNO	PALENA	PUERTO MONTT	PUERTO OCTAY	PUERTO VARAS	PUQUELDON		
TIPO	RUTA	CAPITAL	RUTA	CAPITAL	RUTA	RUTA	RUTA		
COMUNA	PURRANQUE	PUYEHUE	QUEILEN	QUELLON	QUEMCHI	QUINCHAO	RIO NEGRO	SAN JUAN	SAN PABLO
TIPO	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA	RUTA

Tabla 2.2: Categorización de ciudades según tipo

Los requerimientos del tipo *ruta* son más difíciles de cumplir dentro de SLA debido a que, existe un componente de transporte alto (ya que el técnico tiene que salir de su ciudad hacia otra), lo que implica que una parte importante del tiempo de ejecución de un requerimiento de este tipo sea tiempo de viaje.

En la X región existen aproximadamente **1.800 comercios** a los que se presta servicio de mantención de hardware, de los cuales aproximadamente el **36 %** se ubican en ciudades del tipo capital y el **64 %** en urbes del tipo ruta. Del total de requerimientos atendidos entre el 03 de mayo del 2019 hasta el 12 de julio del 2019, un **52 %** fueron en ciudades capital y un **48 %** en ciudades ruta.

Una razón que explica que hayan más requerimientos del tipo capital que del tipo ruta (considerando que la mayoría de los comercios son del tipo ruta), es debido a la utilización de la infraestructura tecnológica: las ciudades capitales tienen un mayor volumen de transacciones comerciales, por lo que los comercios ocupan con mayor frecuencia el equipamiento electrónico, lo que genera mayor desgaste en ellos y, por lo tanto, una mayor necesidad de mantención.

La figura 2.2 muestra un mapa de calor de los lugares que requirieron atención entre el 03 de mayo hasta el 12 de julio del 2019. Como se puede apreciar en esta figura, existe una alta densidad de requerimientos en las ciudades capitales y, si bien la densidad de requerimientos disminuye en las ciudades tipo ruta, estas se distribuyen a lo largo de toda la región, lo que implica que los técnicos tengan que movilizarse con frecuencia a través de largas distancias.

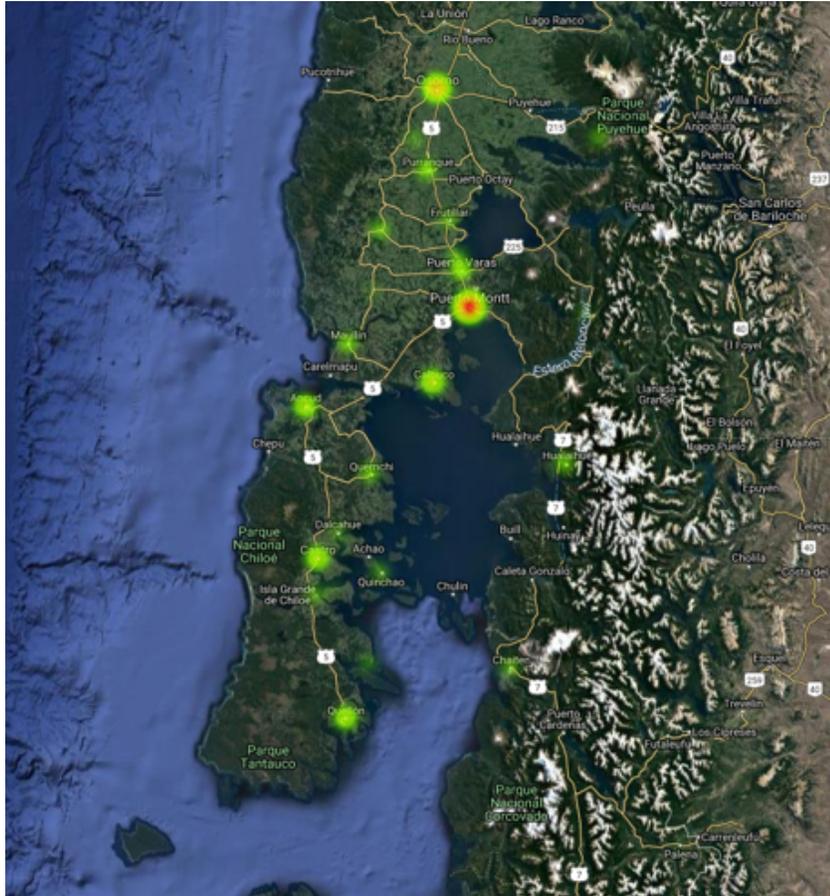


Figura 2.2: Distribución de requerimientos

Para entender como debiesen ser repartidos los técnicos según las localidades (*i.e.*, cuales debiesen ser las **área de cobertura** de cada uno), se analizaron los datos usando métodos de clusterización (en lo que se denomina '*Clúster análisis*'). Este tipo de análisis busca agrupar un conjunto de datos siguiendo algún criterio de similitud o cercanía entre los atributos de estos. En este caso en particular, el atributo de similitud entre los datos es su distancia medida en kilómetros (a menor distancia, mayor similitud).

Se analizaron los datos a través del método de las ***k-medias*** (el cual es una variante del método de las *k-medias*), que consiste en, dado un número k y un conjunto de puntos en el espacio, agrupar estos puntos en k grupos centrados alrededor de un punto central denominado *centroide*) minimizando la distancia entre el resto de los puntos del grupo y el centroide. La razón por la que se escogió este método es debido a que se basa justamente en la minimización de distancias, directamente relacionado con lo requerido. Es por el mismo motivo que este tipo de métodos son utilizados en problemas de localización de activos inmobiliarios (llamados en inglés *Facility Location Problem*), como plantean diversos autores (Solis-Oba, 2006) [30].

La principal diferencia practica entre el método de las *k-medias* con las *k-medias*, es que para el primer caso los centroides **tienen que ser parte** de los puntos del set de datos, mientras que para el caso de las *k-medias* este puede ser un punto del espacio **no perteneciente al set de datos**.

Esto se puede ejemplificar en la figura 2.3 y 2.4, que para el mismo conjunto de elementos $\{A, B, C\} = \mathcal{U}$ en el espacio, se agrupan en clusters usando los diferentes métodos. Para el caso de las k-medianas los centroides son $\{A, B\}$, mientras que para el caso de las k-medias los centroides son $\{A, D'\}$, siendo el centroide del segundo cluster un elemento en el espacio $D' \notin \mathcal{U}$.

En este caso se requería que los centroides de cada grupo fueran una ciudad de la X región y no un punto intermedio aislado, por eso se utilizó el método de las k-medianas para el análisis.

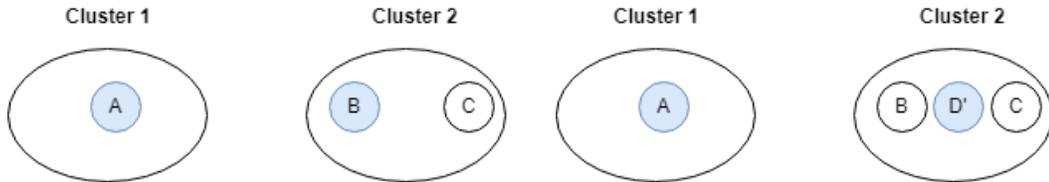


Figura 2.3: Clusterización vía k-medianas (en azul los centroides)

Figura 2.4: Clusterización vía k-medias (en azul los centroides)

Para lograr este análisis se construyó una matriz de distancia (obteniendo la información de la API de Google Maps) entre las distintas localidades, utilizando como referencia sus ciudades, considerando cada uno de los comercios adscritos como un punto en el mapa. La implementación se logró utilizando la función *pam* del paquete estadístico *clúster* del lenguaje R (Maechler, 2019)[23].

Los resultados dieron como centroides de los grupos a (i) Osorno, (ii) Puerto Montt y (iii) Castro, lo que era de esperar ya que esas ciudades son las que individualmente abarcan mayor cantidad de comercios asociados.

Como se puede apreciar en la figura 2.5 los clusters están repartidos en: (i) la zona norte de la región (Osorno y alrededores), (ii) la zona central (Puerto Montt y alrededores) más la zona sur y (iii) la isla grande de Chiloé.

Como se enunció previamente, la agrupación mediante clúster tuvo como objetivo visualizar de mejor manera cuales debiesen ser los rangos de atención de los técnicos (sus **áreas de cobertura**), ya que se separaron en grupos a las ciudades asegurando que la distancia entre ellas sea la mínima alcanzable entre grupos. Teniendo en consideración esto, se procedió a analizar la efectividad de resolución de tickets diarios cuando los técnicos se quedan en sus respectivas *zonas de cobertura*, i.e, las zonas asociadas a su clúster vs cuando se alejan de estas. Los resultados pueden verse en la tabla 2.3.

Clúster	Cuando se mantiene	Cuando no se mantiene
Osorno	2.74	1.75
Puerto Montt	2.24	1.78
Castro	3.74	-

Tabla 2.3: Cantidad de requerimientos atendidos según estadía en clúster

Se desprende de dicha tabla, que cuando un técnico se mantiene en su denominada *zona de cobertura*, la capacidad de atención de requerimientos atendidos aumenta en promedio un

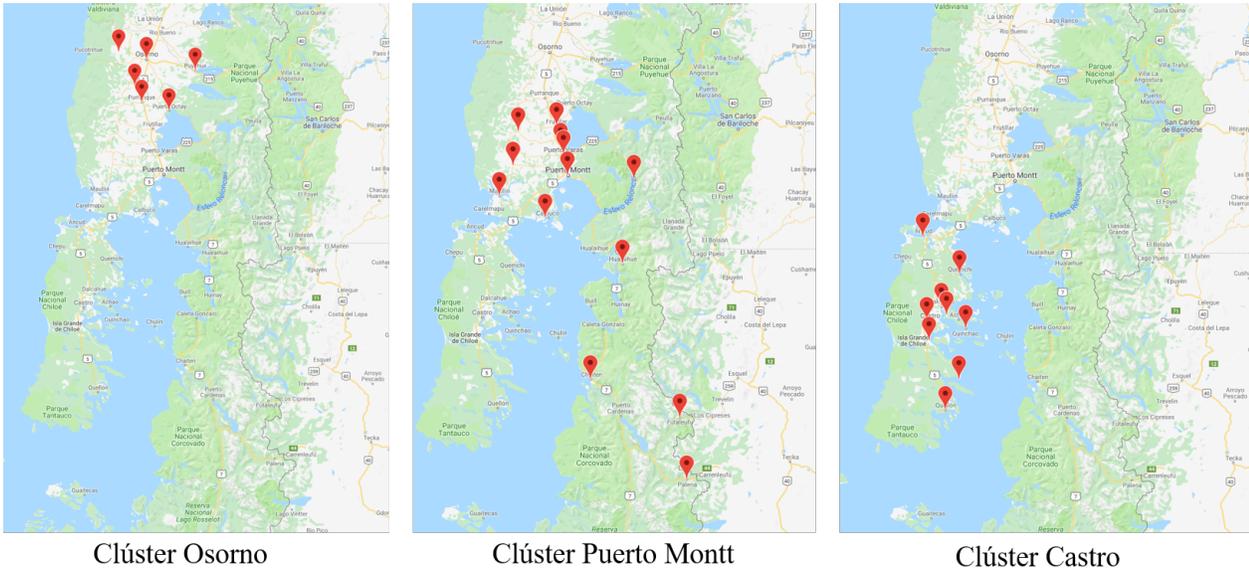


Figura 2.5: Clusterización de localidades

28 %. Como observación se tiene que el técnico que presta servicio a la isla grande de Chiloé nunca sale de esta, estando siempre dentro de su *zona de cobertura*.

2.4. Distribución diaria de requerimientos

Del total de requerimientos atendidos por los técnicos (llamando a cada técnico por el nombre de su ciudad de origen) entre el 03 de mayo del 2019 hasta el 12 de julio del 2019, se tiene un nivel de **SLA registrado para la décima región un valor entre 50 % y 70 %** (cifra exacta se mantiene en reserva por confidencialidad). Es importante notar de todas maneras que esta es una región con bajo índice de SLA, por las localidades que atiende, estando el SLA a nivel nacional en niveles superiores.

La distribución de atención dentro de la semana se puede apreciar en la figura 2.6 y en la tabla 2.4. De la misma manera, la cantidad de requerimientos atendidos por día de la semana se aprecia en la figura 2.7 y en la tabla 2.5.

Nota: Por confidencialidad de los datos estos han sido escalados por un factor α con tal de mantenerlos enmascarados.

Capital	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Suma
Puerto Montt	3,8	3,1	5	2,7	2,64	1,7	0,5	19,44
Osorno	1,5	1	1,5	1,2	1	0,2	0,4	6,80
Castro	0,9	0,3	0,6	0,9	0,55	0,1	0	3,35
Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Suma
Puerto Montt	1,4	1,9	3,2	3,1	2,01	0,9	0,7	13,21
Osorno	1,4	0,4	1	0,8	0,64	0	0,4	4,64
Castro	2,7	1,8	2,1	2,6	1,63	0,5	0,1	11,43

Tabla 2.4: Requerimientos recibidos por día

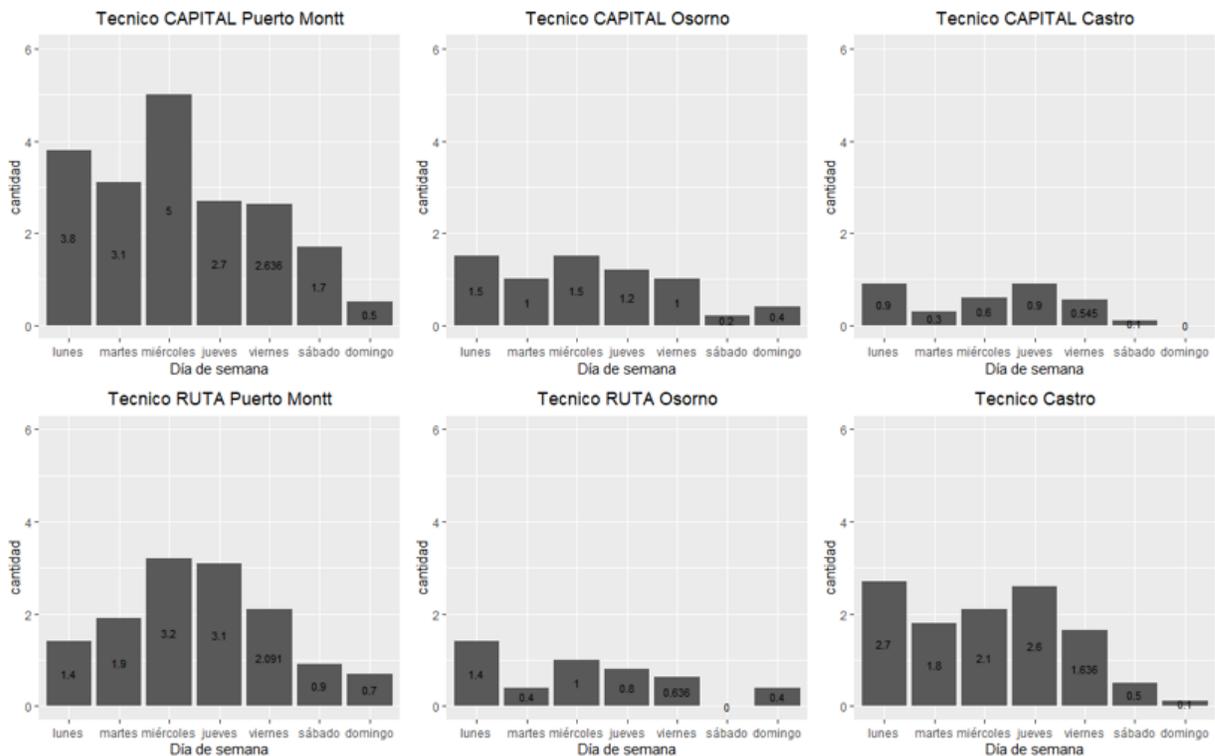


Figura 2.6: Requerimientos recibidos por día

Capital	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Suma
Puerto Montt	2,3	2,8	3,9	2,9	3,46	2,6	1,2	19,16
Osorno	1,6	1	0,8	1,7	1,36	0,3	0	6,76
Castro	0,6	0,7	0,3	1,1	0,45	0,2	0	3,35
Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Suma
Puerto Montt	2,1	2,5	1,7	1,8	2,91	1,1	0,6	12,71
Osorno	0,5	0,9	0,8	0,8	1,18	0,2	0	4,38
Castro	2,3	2,2	1,8	1,5	2,09	0,9	0	10,79

Tabla 2.5: Requerimientos atendidos por día

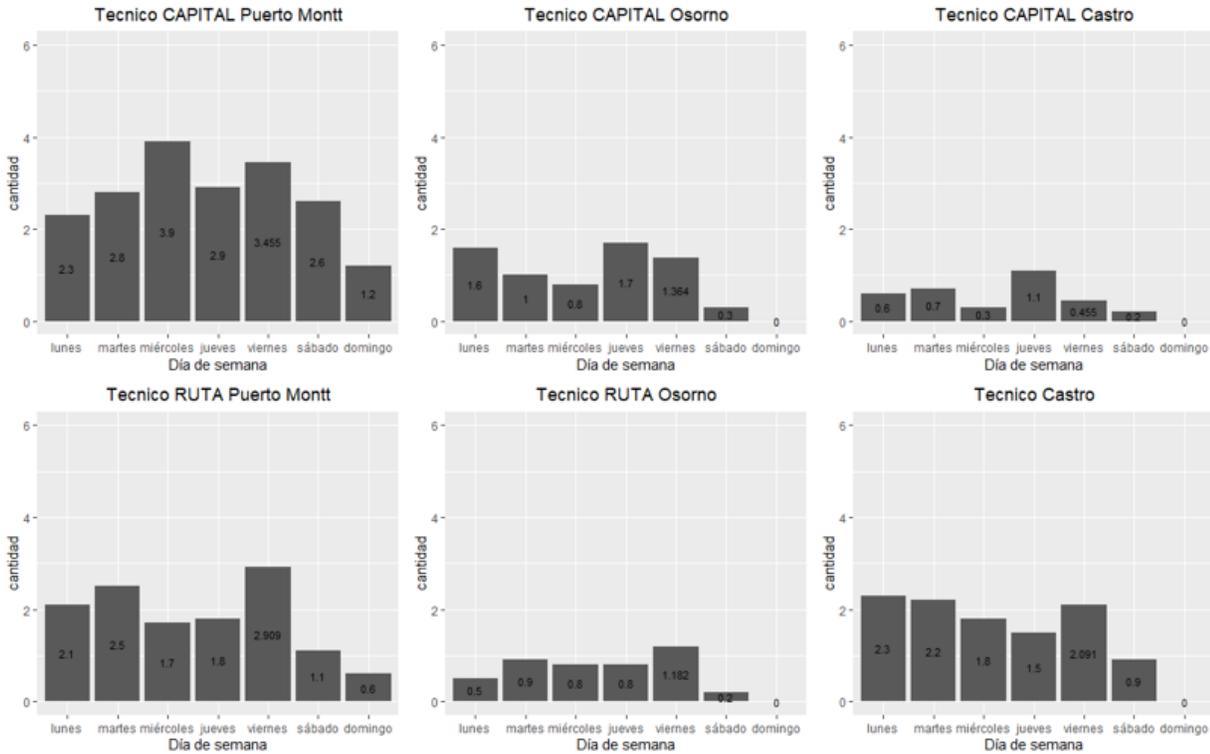


Figura 2.7: Requerimientos atendidos por día

Los datos anteriores permiten ver la capacidad de atención de los técnicos en relación a la cantidad de requerimientos recibidos. Tomando el promedio semanal de la cantidad total de requerimientos recibidos y atendidos durante las semanas entre el 03 de mayo del 2019 hasta el 12 de julio del 2019, se obtiene la diferencia mostrada en la tabla 2.6.

Capital	Recibidos - Atendidos
Puerto Montt	0,28
Osorno	0,04
Castro	0
Ruta	Recibidos - Atendidos
Puerto Montt	0,5
Osorno	0,26
Castro	0,64

Tabla 2.6: Capacidad de atención de los técnicos

De la tabla anterior se puede apreciar que existe una diferencia positiva entre los requerimientos recibidos y los atendidos en todas las localidades, menos en los requerimientos capitales del técnico de Castro, lo que indica que existe un diferencial de capacidad entre los requerimientos entrantes y los que se resuelven. Sin embargo, este valor es **bajo**, representando aproximadamente un 3 % del total de los requerimientos recibidos. Es decir, semanalmente los técnicos **dan abasto al 97 % de los casos recibidos**.

La baja en los niveles de SLA, por ende, no radica en la capacidad de atención, si no que en el tiempo transcurrido para que se gestioné la atención del requerimiento. En la figura 2.8, se puede apreciar la cantidad de días transcurridos desde la apertura de un ticket hasta su cierre.

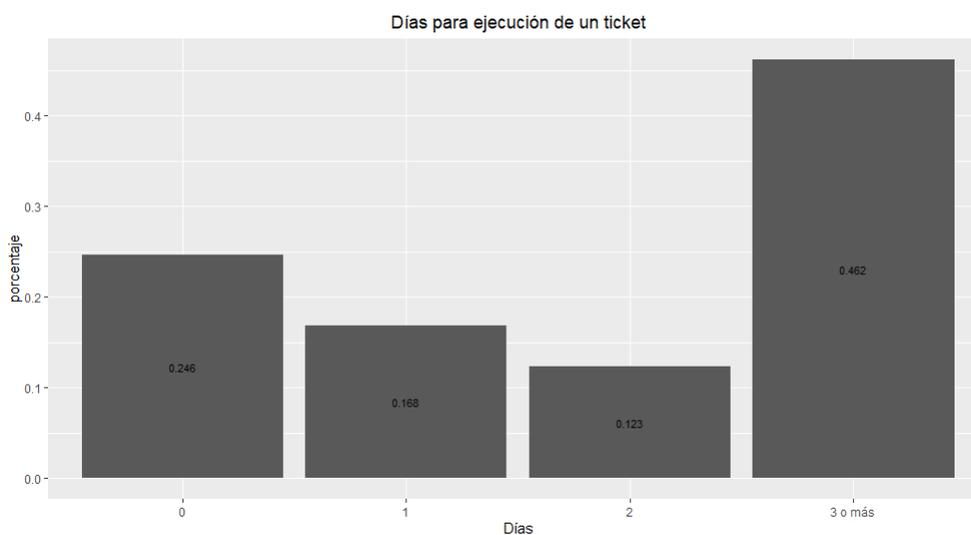


Figura 2.8: Días desde la apertura hasta la resolución

Como se puede ver en la figura anterior, hay un gran porcentaje de requerimientos que se atiende luego de 3 días. Esto explica la razón de que los niveles de SLA no sean óptimos, debido al desfase que existe entre el ingreso de un requerimiento hasta su atención. A pesar, de la capacidad que existe de atender los requerimientos semanales.

Los requerimientos no son asignados siguiendo un recorrido óptimo, puesto que, hay localidades donde no se visita con la premura necesaria, ya que se prefiere atender otros requerimientos más cercanos. En consecuencia, hay localidades que pueden quedar postergadas. Los requerimientos priorizados son los del tipo capital entonces los requerimientos ruta ven mermados su nivel de atención.

De todas maneras, hay requerimientos que por su naturaleza es normal que se atiendan después de 3 días, ya que son de zonas de acceso muy remoto, por lo que la gestión permiten un SLA de más tiempo. Estos son los requerimientos del tipo **extremo**, que comprenden menos del 5 % del total de las atenciones.

2.5. Distribución de requerimientos según tipo

Del total de requerimientos atendidos entre el 03 de mayo del 2019 hasta el 12 de julio del 2019, se tiene que las soluciones pueden ser categorizadas en 6 tipos:

- **Cambio de equipo:** En esta acción el técnico en terreno decide cambiar el equipamiento **de forma completa**, entregando uno nuevo al comercio.
- **Cambio de accesorios:** En esta acción el técnico en terreno decide cambiar el equipamiento **de forma parcial**, remplazando cables, cargadores o diversos elementos.
- **Revisión de equipo:** En esta acción el técnico en terreno resuelve ejecutando alguna limpieza de equipo o explicación del funcionamiento del aparato al comercio. Es una categoría en la que el técnico constata que el aparato se encuentra operativo al momento de su llegada.
- **Falta de insumos:** En esta acción el técnico repone elementos necesarios para el funcionamiento de los dispositivos electrónicos, principalmente papel de impresión.
- **Sin éxito:** El técnico no puede ejecutar ninguna acción, ya que el comercio se encontraba cerrado al momento de la atención del requerimiento.
- **Otros:** Cualquier otro tipo de acciones, como configuración de redes móviles, actualización de sistema operativo o que el incidente se encontrase resuelto antes de que el técnico llegara al lugar.

La distribución de resolución de los tickets, según tipo de ciudad, puede verse en la tabla 2.7.

Categoría	Capital	Ruta	Total
Cambio de equipo	30 %	29 %	29 %
Cambio de accesorios	17 %	15 %	16 %
Revisión de equipo	13 %	17 %	15 %
Falta de insumos	13 %	7 %	10 %
Sin éxito	9 %	8 %	9 %
Otros	18 %	24 %	21 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tabla 2.7: Tipo de requerimientos por categoría

Se clasificaron estos tipos de resolución en tres categorías:

- **Fallas no programables:** Este tipo de fallas refieren a problemas los cuales no pudieron ser predichos por el consumidor ni por IBM, ya que no se les puede hacer un seguimiento por su comportamiento estocástico. Las categorías que son incluidas en este tipo son (i) *Cambio de equipo* y (ii) *Cambio de accesorios*. Representan el **45 %** de los casos.
- **Fallas programables:** Este tipo de fallas hace referencia a los requerimientos que pudieron haber sido previstos por el cliente o por IBM, presentándose la posibilidad de solucionar el problema antes de que representará una discontinuidad en la operación.

La categoría incluida en este tipo es (i) *Falta de insumos*. Representan el **10 %** de los casos.

- **Falla de coordinación:** Este tipo de fallas hace referencia a requerimientos que pudieron haber sido solucionados sin la necesidad de la visita de un técnico en terreno, si hubiese habido una atención previa no presencial con el cliente. Las categorías incluidas en este tipo son: (i) *Sin éxito* y (ii) *Revisión de equipo*. Representan el **24 %** de los casos.

2.6. Procesos para la ejecución de un requerimiento (AS-IS)

Una vez comienza la jornada laboral a las 07:30 de la mañana, los coordinadores comienzan a asignar a los técnicos a las localidades con requerimientos abiertos en el sistema de IBM, registrando la asignación en una plantilla colaborativa alojada en un sitio web en la nube.

Para que un requerimiento se encuentre abierto en el sistema de atención de IBM, tiene que haber sido derivado por la mesa de ayuda del cliente. La mesa de ayuda es un *contact center* telefónico que, a través de una línea que opera de 07:30 a 19:00, actúa como primer filtro de atención de las solicitudes de los comercios. Cuando un comercio presenta problemas de servicios llama a este número en donde el/la ejecutivo/a del *contact center* (i) recopila la información del comercio y (ii) realiza un diagnóstico del problema. Si el/la ejecutivo/a identifica que el problema puede ser resuelto sin la necesidad de una visita en terreno (como por ejemplo, podría ser un problema comercial mantenido entre el comercio y el cliente) se le indica al comercio los pasos a seguir. De caso contrario, registra la información en el sistema e indica al comercio que un técnico irá a solucionar su problema dentro de los próximos días.

Un requerimiento ingresado en el sistema de la mesa de ayuda del cliente se ve reflejado en el sistema de gestión de IBM, al cual tiene acceso el coordinador de área, quien periódicamente revisa la existencia de nuevos incidentes sin un técnico asignado, para destinarles un técnico resolutor. De ser necesario el coordinador puede llamar al comercio para preguntarle más información acerca del requerimiento, pero estas acciones **se realizan en casos muy específicos**. La asignación de técnicos por parte de los coordinadores **no tiene un criterio establecido** el cual seguir, guiándose estos principalmente por la hora de vencimiento del SLA del ticket más cercano y la ubicación geográfica del técnico más cercano. La coordinación entre el coordinador de área con el técnico es vía telefónica a lo largo del día, lo cual representa un problema ya que, debido a que los coordinadores tienen un alcance de organización a nivel nacional, es posible que pierdan la visibilidad del estado de ocupación y localización de cada uno de los técnicos.

Cuando el técnico comienza su jornada laboral, también a las 07:30 de la mañana, lo primero que hace es ir hacia la bodega de su respectiva ciudad, donde se encuentra el equipamiento que tendrá que llevar durante su jornada. El conjunto de repuestos y herramientas equipadas por el técnico es la misma todos los días, a no ser que el coordinador de área al inicio de la jornada laboral le explique que tiene que incorporar un insumo adicional para atender a algún cliente en especial.

El técnico **no decide cual es el próximo lugar que tiene que visitar**, si no que recibe instrucciones del coordinador de área a lo largo del día. Una vez el técnico llega al comercio que solicita la atención y le fue asignado, ejecuta las reparaciones correspondientes del incidente. El técnico accede a un aplicativo en su teléfono celular con el cual, una vez terminada la atención, cierra el ticket en el sistema, adjuntando la imagen de un documento de confirmación de atención firmado por el comercio. Si por algún motivo no pudo dar resolución al requerimiento, adjunta el motivo y alguna evidencia fotográfica.

El proceso de atención de un requerimiento se puede apreciar en el BPMN adjunto en la figura 2.9.

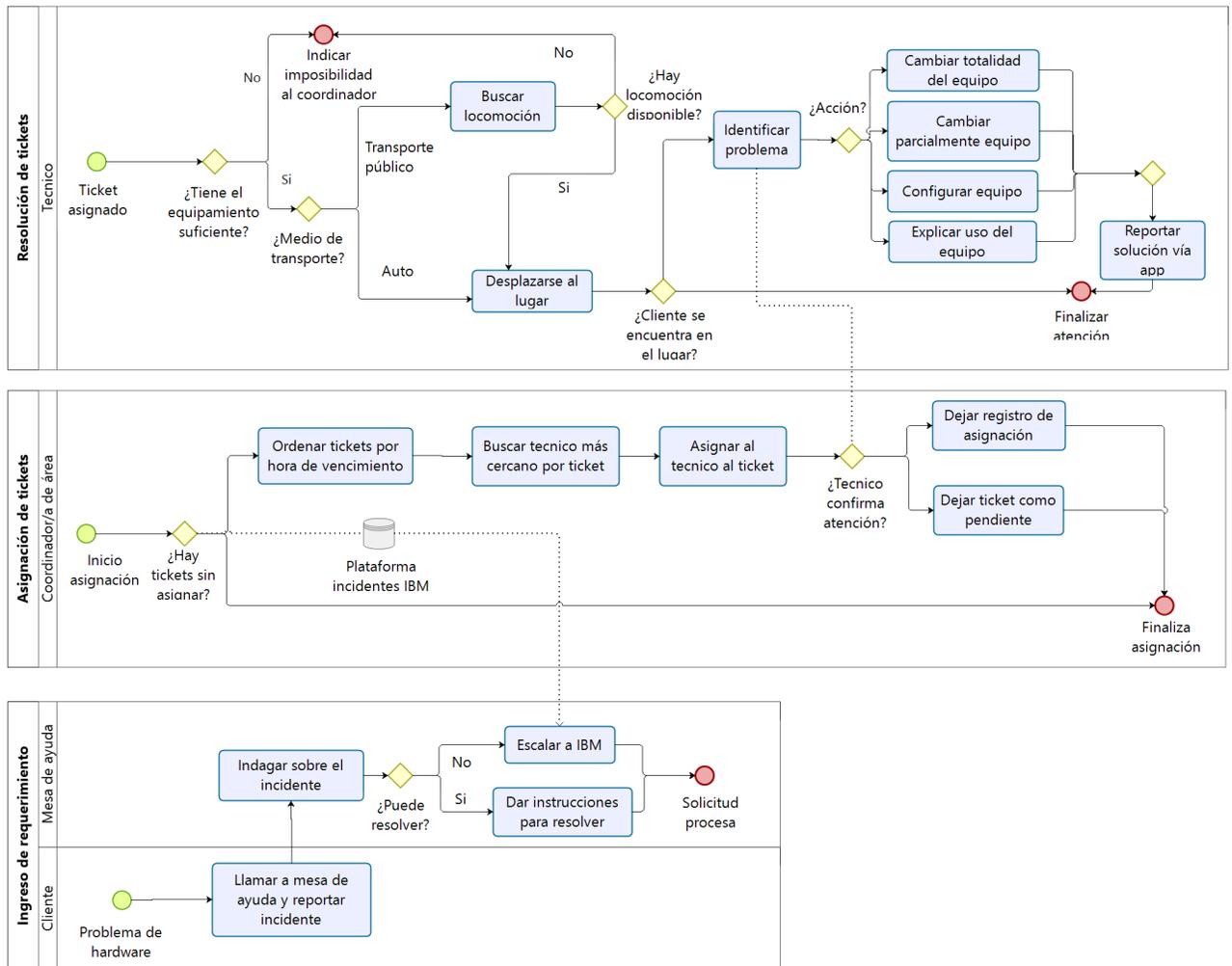


Figura 2.9: Asignación de requerimiento durante día hábil

Una vez terminado el horario de atención, a las 19:00 horas, los coordinadores de área revisan todos los incidentes que se encuentre abiertos al cierre del día, para programarlos para el día siguiente, y así tener una asignación base para cada técnico. Además, los requerimientos del tipo extremo que aparezcan durante el día deben ser gestionados por el área de RR.HH. pues involucran costos de viajes y estadías, por lo cual la gestión de los coordinadores no es de asignación, si no que derivación al área de RR.HH. para que esta pueda gestionar la atención. Esto se aprecia en el BPMN de la figura 2.10.

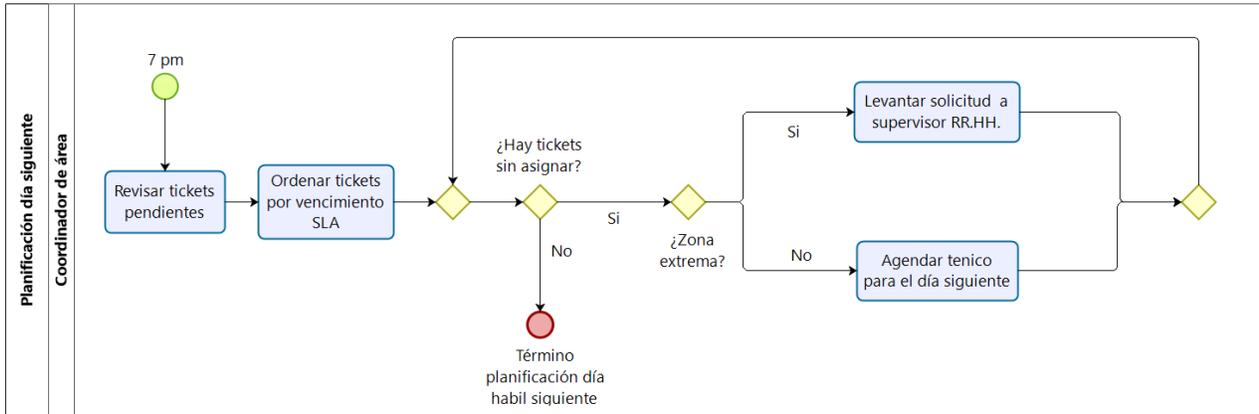


Figura 2.10: Asignación de día hábil siguiente

Capítulo 3

Diagnóstico de las oportunidades de rediseño

Según lo visto en el capítulo anterior se identificaron como puntos de mejora:

- **Requerimientos no aprovechables:**

Existe una cantidad de requerimientos en que el técnico visita el lugar y no puede prestar atención, ya que el locatario no se encontraba en el lugar. Si bien ese requerimiento queda catalogado como atendido, es tiempo perdido del técnico que podría haber sido aprovechado para atender un requerimiento de forma real. Esto presenta un problema dado que el técnico pierde la posibilidad de atender a otros comercios y por lo tanto de mejorar los niveles de SLA. Esto, recordando la información del capítulo anterior, ocurre en un **9%** de los casos, donde el técnico viaja y no puede prestar soporte, teniendo que probablemente repetir su viaje ya que el comerció podrá abrir otro requerimiento con la mesa de ayuda del cliente. Esto se puede ver en el diagrama BPMN 2.9 en la bifurcación *¿Cliente se encuentra en el lugar?*, que impide la correcta atención del requerimiento.

- **Asignación de rutas a los técnicos:**

Como se mencionó anteriormente, no hay un procedimiento de los coordinadores de área para la asignación de los requerimientos a los técnicos, lo que deriva en una asignación no óptima, generando colas de atención y postergando zonas de requerimientos. Al, de forma manual asignar, los coordinadores pierden visibilidad de la situación y localización de cada técnico, ya que son asignaciones de carácter reactivas: el técnico es buscado solamente cuando se le necesita. Adicionalmente, como se vio al agrupar las localidades según grupos de distancia, se pudo constatar que los técnicos al no estar asignados a zonas de cobertura fijas (ya que quedan a criterio del coordinador de zona y varían dinámicamente) pierden eficiencia de resolución de requerimientos. Esto se puede ver en el diagrama BPMN 2.9 en la tarea *Buscar técnico más cercano por el ticket*, que es una estrategia *greedy* que **no asegura una asignación óptima**.

- **Fallas con resolución no presencial:**

Otros puntos resultan evidentes: el técnico va y no se encuentra nadie en el lugar o los casos en los que el especialista va al establecimiento y la falla se encuentra solucionada. Esto es principalmente por que no era un problema de hardware real, pero que pasó

el primer filtro de la mesa de ayuda, y con alguna acción realizada por el usuario el equipo retomó su funcionamiento. En estas fallas el técnico va a la localidad y lo único que realiza es una limpieza del equipo o una capacitación de su uso. Este tipo de fallas en rigor no son de hardware y pudieron haber sido contenidas en primera instancia por la mesa de ayuda del cliente.

También ocurre que hay requerimientos que pueden ser solucionados de forma remota al darle instrucciones al cliente, pero la mesa de ayuda al no tener ese conocimiento no puede brindar dichas instrucciones. Esto se puede ver en el diagrama BPMN 2.9 en la tarea *Configurar equipo y Explicar uso del equipo*, que son tareas que se pudieron realizar de forma remota.

- **Medio de transporte del técnico:**

Un evidente punto de mejora es el medio de transporte utilizado por el técnico, ya que dependiendo de si tiene auto o no los tiempos de viaje y la coordinación es distinta. La mayoría de los técnicos se movilizan en transporte público, generando altos tiempos de movilización. Sin embargo, la incorporación de automóviles por parte de la compañía está fuera de alcance por el elevado costo que representa.

Estos elementos tienen en común una **ineficiencia en la gestión de los requerimientos de soporte**. Para analizar estas oportunidades se procedió a utilizar un análisis de árboles de problemas y soluciones, siguiendo la metodología planteada en el proyecto *Strategies Towards Energy Performance and Urban Planning* de la ciudad de Glasgow, Escocia. [27] Este análisis conceptualiza los problemas en un orden vertical, donde en un primer nivel se encuentran las causas, en el nivel intermedio el problema y en el nivel superior las consecuencias, en un llamado árbol de problemas, como se puede ver en la figura 3.1. Por otro lado, las soluciones se conceptualizan de la misma manera, con las soluciones en el primer nivel, el objetivo en el nivel medio y los efectos de las soluciones en el nivel superior, como se aprecia en la figura 3.2. Esta conceptualización permite visualizar y comprender de manera más sencilla los problemas, sus consecuencias y sus potenciales soluciones.

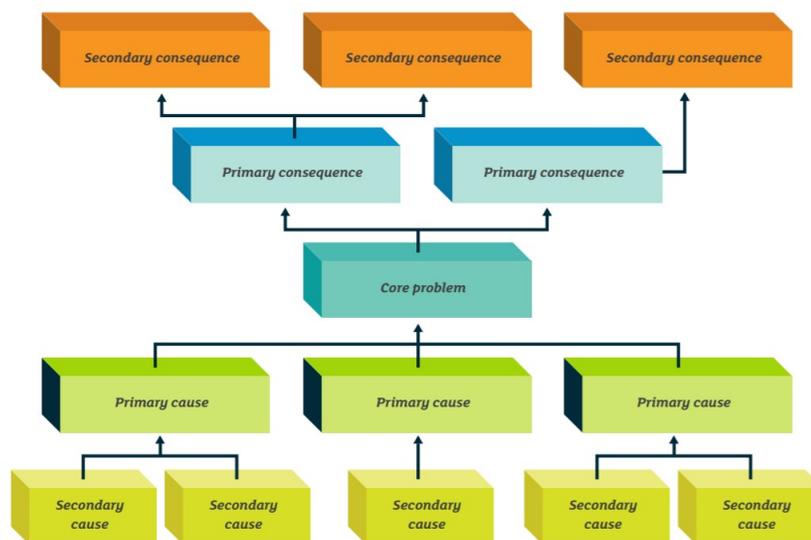


Figura 3.1: Estructura árbol de problemas

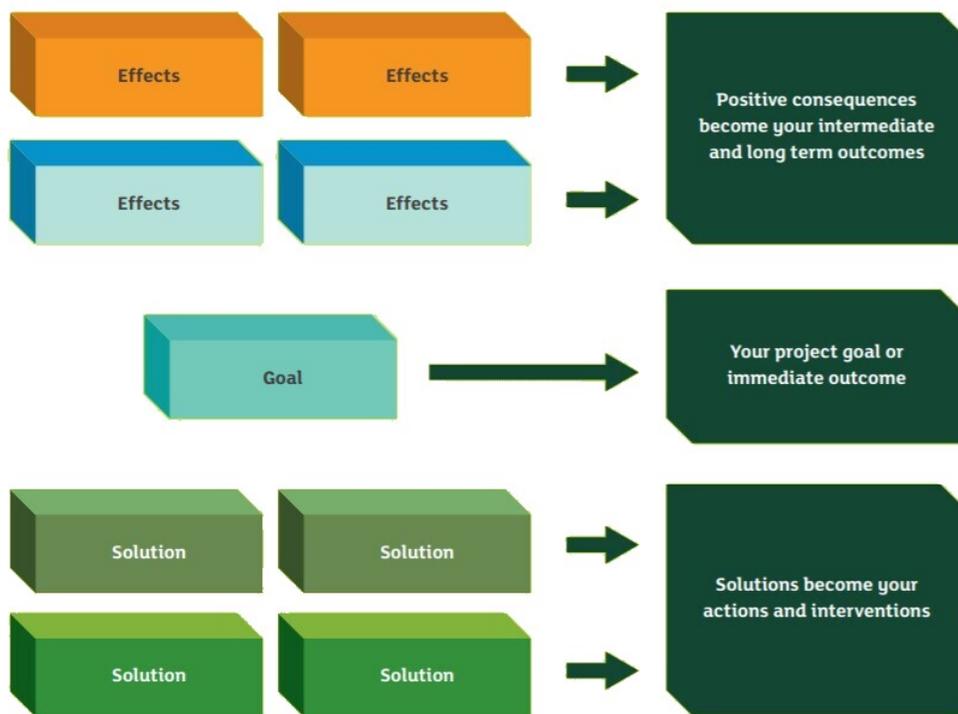


Figura 3.2: Estructura árbol de soluciones

De lo anterior se puede elaborar el árbol de problemas presentado en la figura 3.3.

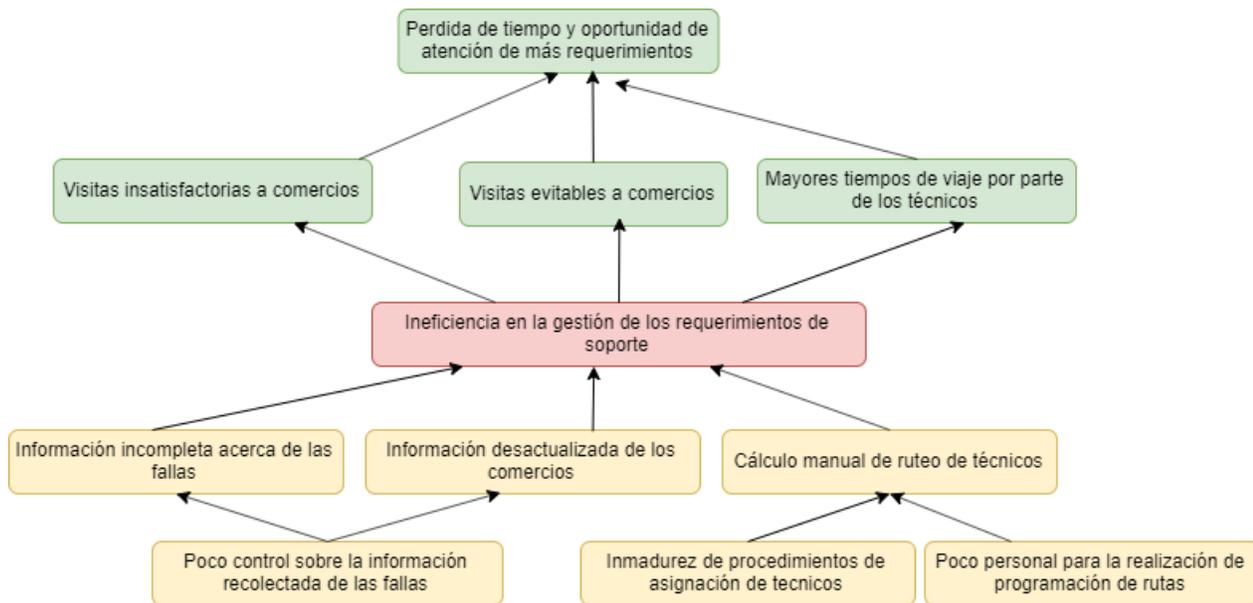


Figura 3.3: Árbol de problemas

El árbol de soluciones planteado para solucionar dicho árbol de problemas se ilustra en la figura 3.4.

Entre ellas están las siguientes propuestas:

- **Realizar una gestión previa al requerimiento:**

Esto consiste en una coordinación ex-ante con el comercio para ver la posibilidad de solucionar el problema sin tener que enviar un técnico al lugar. De igual forma permitiría actualizar la dirección del comercio para que no ocurriese que el técnico vaya a un lugar equivocado, y se podría obtener mayor información con respecto al tipo de falla.

Debido a que se necesita una interacción con el cliente, cualquier solución que apuntara a este objetivo requeriría comprender que es lo que el cliente quería comunicar, para así darle una respuesta. Esa es una tarea que un humano puede realizar, pero que, debido a los avances tecnológicos, es una actividad que sistemas informáticos también han podido desempeñar.

Esto se ha logrado mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, en un área de estudios llamada *natural-language understanding (NLU)*. Estos mecanismos de procesamiento de texto permiten, a través de métodos computacionales, dar una interpretación al input generado por el usuario, para servir como insumo de análisis de texto, de sentimiento y de generar la capacidad de dar respuesta al input siguiendo una serie de lógicas establecidas. Este tipo de análisis comenzó en los años 60s, donde se intentaba catalogar textos a través de la búsqueda de series de patrones gramaticales, asociándoles un significado. Al pasar los años, irrumpieron los métodos estadísticos en el procesamiento de lenguaje, hasta consolidarse finalmente el NLU con la adopción

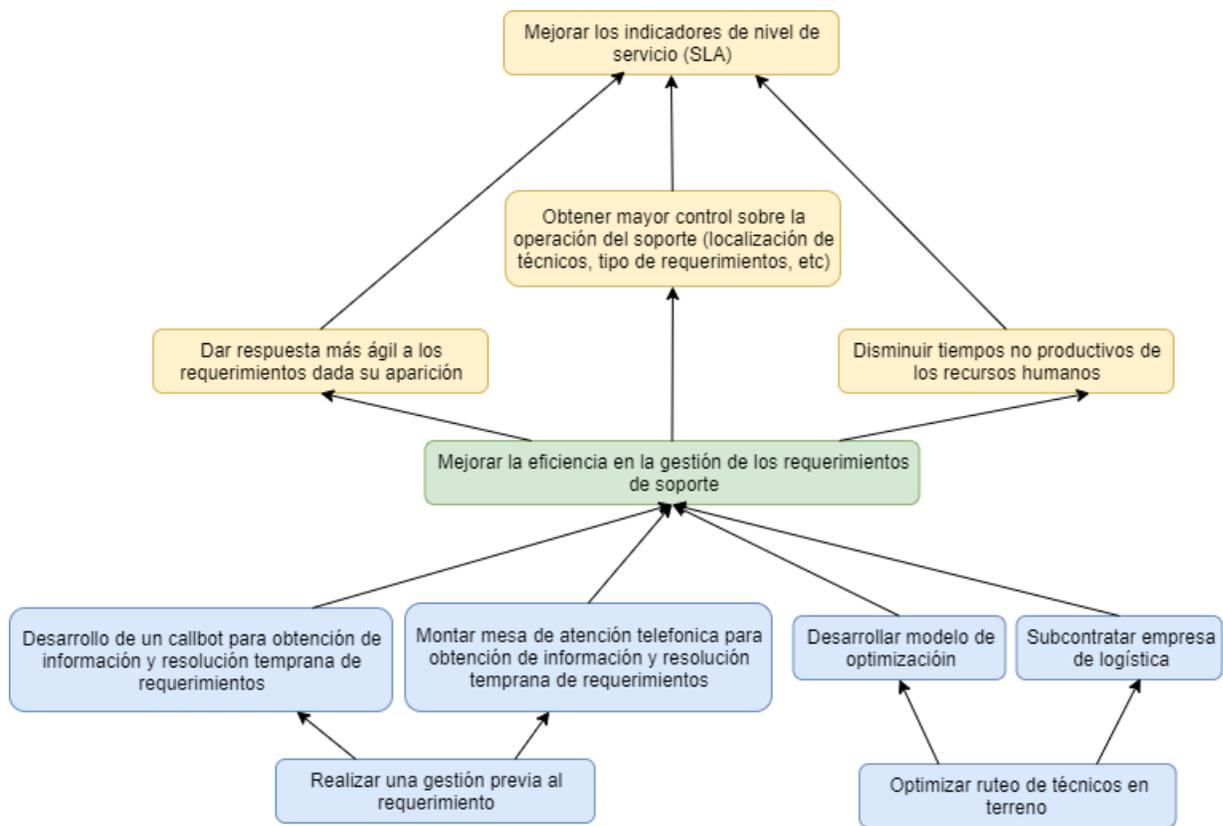


Figura 3.4: Árbol de soluciones

de técnicas de deep-learning (algoritmos de machine learning) (MacCartney & Potts, 2019) [21].

El boom comercial del NLU comenzó con la aparición de los chatbots en las industrias, donde fueron utilizados como mecanismo de contención de requerimientos de clientes y para descongestionar canales más tradicionales, como los call center.

Factores que permitieron la masificación de los chatbots, según la consultora Deloitte, fueron los mayores costos operacionales de los call center, la demanda de autoservicio e inmediatez exigida por los consumidores en la actualidad, los avances en las técnicas de NLU y la madurez del desarrollo de software asociado a la experiencia de usuario de los chatbots (Deloitte, 2018) [7]. Según Accenture en 2016 un 80% de los casos de uso de atención al cliente podían ser resueltos por un chatbot bien implementado (Accenture, 2016) [1]. Los beneficios de este tipo de tecnologías son: menor coste monetario, mayor disponibilidad de atención, mayor rapidez de respuesta y **fácil escalabilidad y flexibilidad**. Este último punto es de vital importancia, ya que los servicios de inteligencia artificial que consumen los chatbots son facturados según el uso, y no tienen una limitación de consumo, por lo cual quien incurra en este tipo de tecnologías paga por uso, con posibilidad de aumentar la carga sin limitaciones.

Debido a que el procesamiento mediante NLU necesita como input texto plano, el canal por el cual se recolecta esta información puede ser muy variado, desde redes sociales, mensajes de texto, mails hasta llamadas telefónicas. Para el caso del servicio de atención de hardware, el medio utilizado por el cliente para contactar a los comercios es el telefónico, que es el único medio de comunicación de los comercios registrado en las

bases de datos. Es por eso que al pensar una solución que interprete las interacciones del usuario en este caso solo podría ser soportada en un canal telefónico.

Es importante mencionar que el caso de uso contemplado era de carácter informativo, por lo cual no se requería una mayor complejidad al momento de interactuar con el usuario, ya que el objetivo era entregar información y buscar confirmación. Esto era lo suficientemente simple para ser tratado con un bot sin requerir de la asistencia humana.

Es por lo anterior que se plantean dos alternativas:

- Montar una mesa de ayuda telefónica
- Desarrollo de un callbot (bot telefónico)

La alternativa de solución escogida fue el desarrollo de un callbot, principalmente por dos razones: costos monetarios reducidos, y **escalabilidad**. Esta última propiedad es uno de los principales beneficios de las nuevas tecnologías que se consumen como servicios (SaaS, PaaS e IaaS), ya que permiten a las empresas consumir recursos con una utilización de, prácticamente, el 100 %, es decir. Esto se contrasta con el caso de la utilización de personal humano en el hecho de que, al contratar a un operador se incurre en un costo fijo mensual y una capacidad limitada y de difícil escalamiento, donde no es posible asegurar una productividad del 100 %.

- **Optimización de ruteo de técnicos en terreno:**

Esta propuesta consiste en que, mediante métodos de logística, obtener las rutas óptimas a seguir por los técnicos durante su jornada laboral. Este es un problema clásico de logística, el cual ha sido abordado de distintos enfoques, y puede ser abordado por la misma empresa a través de cálculos computacionales, o la externalización del servicio de logística.

Para la implementación de esta propuesta se consideraron dos alternativas:

- Tercerizar la logística de ruteo en una empresa externa
- Desarrollo de un aplicativo de optimización matemática

La alternativa de solución escogida fue la del desarrollo de un aplicativo de optimización matemática, puesto que la logística es una de las actividades claves y más importante del servicio ofrecido, por lo que externalizar esa parte del servicio disminuiría el revenue de la firma en un ítem en el cual se debiese ser especialista, ya que está intrínsecamente ligada al giro de negocios. Esto es luego, una forma para potenciar las capacidades centrales de la empresa, con tal de brindar un mejor servicio no solo en el cliente abordado si no que en la cartera completa.

Es importante notar que las herramientas tecnológicas utilizadas tenían como **restricción ser propiedad de IBM**, lo que determinaría, en las partes posteriores, las piezas de software a utilizar.

Capítulo 4

Síntesis de las soluciones

4.1. Planteamiento propuestas de mejoras

4.1.1. Sistema de gestión previo al requerimiento

Como se analizó en el capítulo anterior, no existe una gestión previa del requerimiento, generando dos grandes problemas para el servicio:

- **Problema 1:** Existe un porcentaje de requerimientos donde el técnico se desplaza hacia el lugar pero el cliente no se encontraba en el lugar.
- **Problema 2:** No se tiene conocimiento a priori de que falla tiene que resolver el ejecutivo, teniendo como repercusión una mala estimación de los tiempos de atención.

Para esto se propone una **gestión previa al requerimiento** con tal de obtener información valiosa para la atención del cliente vía telefónica, pero de manera automática, usando la siguiente arquitectura de la figura 4.1:

1. El software **IBM Voice Gateway** (conocido también como IVG por sus iniciales), que actúa como un orquestador entre los servicios en la nube de IBM con la red de telefonía SIP, se conecta a través de la plataforma telefónica *Twilio* a la red de telefonía para realizar un llamado a un cliente. Este software está instalado on-premise (es decir, en un servidor local) sobre un contenedor de Docker.
Docker es una plataforma de containerización de aplicaciones, en un concepto de abstracción de la virtualización de sistemas operativos. Esta containerización aprovecha las características del kernel de Linux para ejecutar los procesos necesarios para la ejecución de un aplicativo, sin instanciar todos los procesos de un sistema operativo tradicional. Esto tiene como beneficio una plataforma más liviana, de menos consumo de recursos, y de **mayor escalabilidad**, al ser acompañado de un servicio como Kubernetes, que es una plataforma de administración y orquestación de procesos y microservicios containerizados, que tiene como objetivo mantener operativos los procesos declarando el estado deseado de la plataforma (cantidad de recursos, de procesos activos, de tráfico,

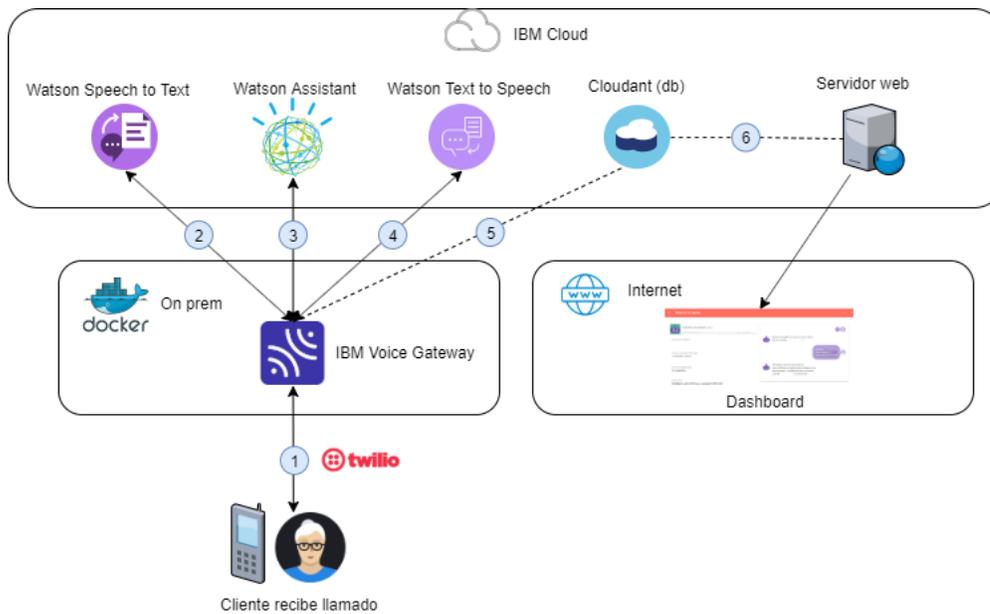


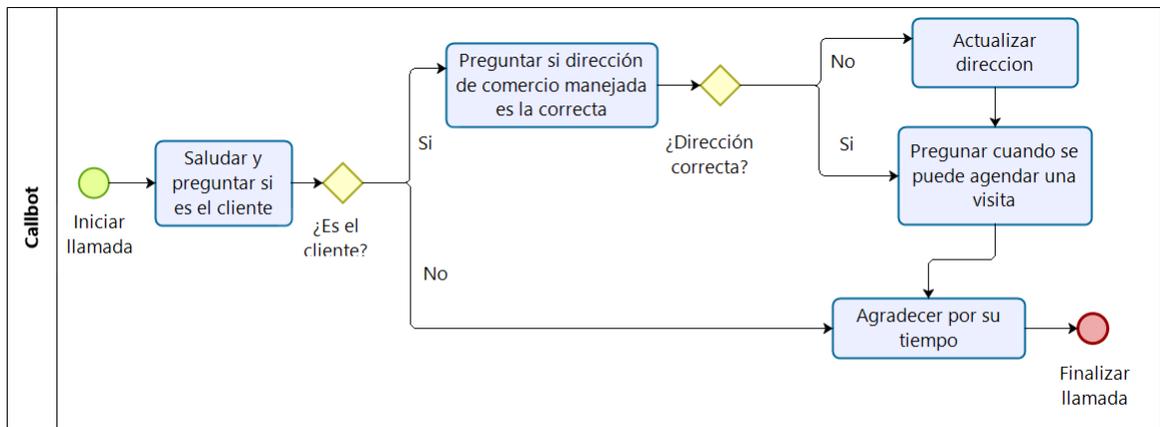
Figura 4.1: Arquitectura de componentes Callbot

etc...), encargarse Kubernetes del cumplimiento de este.

2. Una vez se establece la comunicación telefónica, el audio del canal del cliente es transcrito por el servicio en la nube llamado **Watson Speech to Text**, que recibe el audio como input para entregar como output un texto con el dialogo identificado en este.
3. Luego, una vez que el IVG recibe la transcripción de lo hablado por el cliente, envía dicho input al servicio de **Watson Assistant**, que es un servicio que a través de algoritmos de lenguaje natural (llamados *Natural-language understanding* o NLU) es capaz de catalogar el texto en una intención comunicativa, para luego dar una respuesta según lógicas programadas. El resultado de este servicio es una respuesta en texto a lo que el cliente habló.
4. La respuesta en texto obtenida en el paso anterior es enviada por el IVG al servicio **Watson Text to Speech**, que se encarga de reproducir textos simulando una voz humana. El cliente luego escucha esta reproducción como respuesta.
5. Durante todos los pasos descritos anteriormente, el IVG almacena logs en una base de datos no estructurada en la nube, llamada Cloudant, para análisis posteriores
6. Finalmente, los logs almacenados en la base de datos pueden ser accedidos a través de un Dashboard en línea, el cual se puede apreciar en la figura 4.4

El flujo conversacional planteado para la recolección de la información asociado al **problema 1** enunciado al principio de la sección se puede ver en el diagrama BPMN de la figura 4.2

El objetivo de este flujo es, dada la confirmación de identidad del cliente, obtener una fecha y hora para la realización de la gestión, con tal de asegurar que el cliente se encuentre en el lugar en el momento pactado y no ocurran situaciones como las descritas en el capítulo anterior donde el técnico visita al comercio y en este no se encuentra nadie en el lugar. Otra situación problemática que se busca evitar con este flujo, es que el técnico fuese al comercio

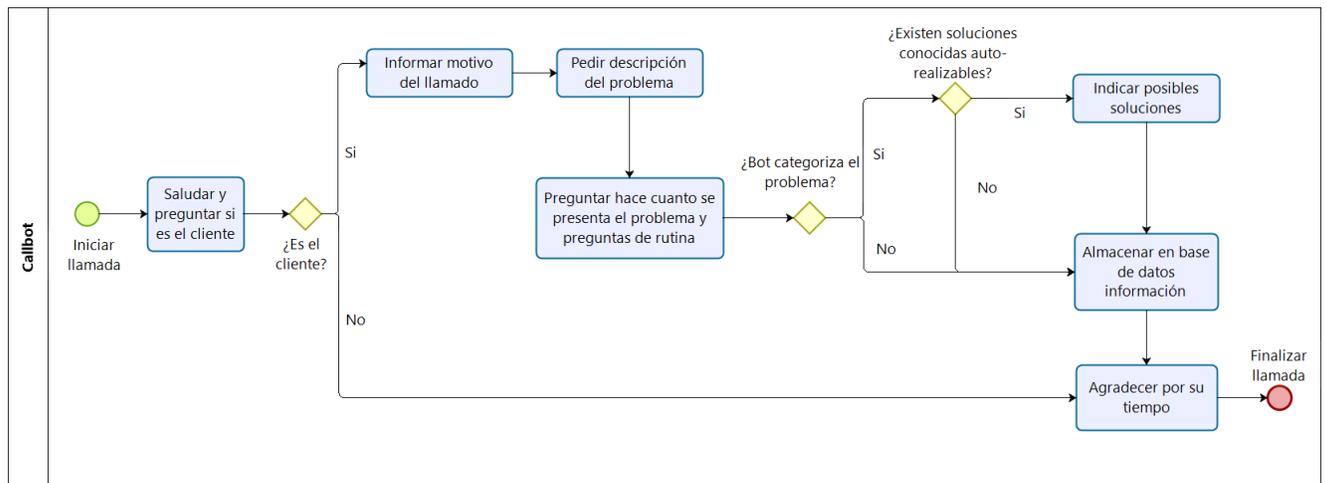


Powered by
bizagi
Modeler

Figura 4.2: Flujo conversacional Callbot

indicado pero la dirección registrada en el sistema no estuviese correcta, visitando el técnico un lugar equivocado. Para minimizar la ocurrencia de estas situaciones el callbot pregunta si la dirección registrada en el sistema es la correcta, para corroborar o actualizar en el sistema posteriormente. De estas dos maneras se busca minimizar las fallas categorizadas como "*fallas de coordinación*" descritas en la sección 1.5.

El flujo conversacional planteado para la recolección de la información asociado al **problema 2** enunciado en el inicio de la sección se adjunta en el diagrama BPMN de la figura 4.3.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 4.3: Flujo conversacional Callbot

El flujo conversacional mostrado busca, antes de la visita del técnico al comercio, tomar conocimiento del tipo de problema a abordar, y en caso de ser posible, entregar una solución

sin que el técnico tenga que recurrir físicamente al lugar. Esto se enmarca en lo mencionado en la sección 1.6, donde se explica el procedimiento de ingreso de un ticket al sistema de IBM, cuyo primer filtro de atención es la mesa de ayuda del cliente, que trata de filtrar los requerimientos auto-gestionables. Sin embargo, debido a que la expertiz técnica reside en IBM y no en la mesa de ayuda, este filtro no siempre es efectivo y se da que la información recolectada por la mesa de ayuda no es lo suficientemente específica para apoyar al técnico. Es por eso que la llamada propuesta del callbot tiene como intención **identificar el problema** del comercio, y de ser posible **dar una solución** sin tener que agendar una visita al lugar. Esto genera como beneficio adicional una mayor independencia de IBM, ya que se deja de depender de la información propiciada por la mesa de ayuda, logrando generar información de manera más controlada.

Este flujo busca minimizar las fallas categorizadas como "*fallas programable*" descritas en la sección 1.5.

The screenshot displays the Watson Assistant interface. At the top, there is a red header with the text "Watson Assistant" and navigation arrows. Below the header, the dashboard is divided into two main sections. The left section contains call metadata: "Número de teléfono", "Fecha y Hora de la llamada" (16-10-2019 18:28), "Duración de llamada" (29 segundos), and "Session ID" (52fd3da3-6c88-473f-bba6-c644a0a87b37-CON1). The right section shows a conversation transcript with a purple robot icon representing the assistant. The transcript includes a greeting: "Buenos días, ¿Me comunico en este número con el comercio ?" and a confirmation request: "Estimados, estamos llamando de para confirmar un cambio de tecnología en su equipamiento. ¿La dirección de su comercio, avenida es la correcta?". A response bubble from the user is visible, containing the text "sí con el" and two entity markers: "#Entity: Respuesta / Si" and "#Entity: confirmacion_id / con el".

Figura 4.4: Dashboard de visualización de gestiones

4.1.2. Optimización de decisión de rutas

Marco teórico

Como se detalló en la sección anterior, el área de soporte tiene el desafío de gestionar y solucionar requerimientos de falla de hardware entre localidades cuya distancia puede sobrepasar las 2 horas. Este es un proceso a nivel nacional lo que implica un gran volumen de transacciones, las cuales se estaban asignando de forma manual por un grupo reducido de personas. Los requerimientos levantados para este proceso de asignación de técnicos en terreno fueron:

- El objetivo del ruteo es mejorar el SLA.
- Se debe maximizar la cantidad de lugares a visitar.
- El técnico parte su jornada laboral en la ciudad donde vive y termina en la misma.
- El horario laboral del técnico parte a las 07:30 y debe llegar a su ciudad a más tardar a las 19:00.

La asignación de técnico en terreno es un problema de optimización, puesto que se tiene un conjunto de recursos limitados (la cantidad de técnicos y el tiempo) con los cuales se busca maximizar una utilidad, que en este caso es el nivel de servicio.

Al revisar en la literatura en búsqueda de problemas similares, aparece inmediatamente uno de los problemas clásico de la optimización entera: el denominado **problema del vendedor viajero**, el cual consiste en, dado un conjunto de localidades a visitar, encontrar el recorrido de costo mínimo el cual pase por cada una de las localidades **una sola vez**. Esto se puede enunciar matemáticamente como el siguiente modelo de programación lineal propuesto por Dantzig, Fulkerson y Johnson en 1954 (Dantzig et al., 1954)[5]:

4.1 Problema del vendedor viajero:

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} \quad (4.1a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in N} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in N \quad (4.1b)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = \sum_{j \in N} x_{ji}, \quad \forall i \in N \quad (4.1c)$$

$$\sum_{\substack{i, j \in Q \\ i \neq j}} x_{ij} \leq |Q| - 1 \quad \forall Q \subset N, Q \neq \emptyset \quad (4.1d)$$

$$x_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N, \quad (4.1e)$$

Donde la variable x_{ij} toma el valor de 1 si luego del lugar i se visita inmediatamente el lugar j , y 0 en caso contrario, y c_{ij} representa el costo de viajar desde i hacia j

La función objetivo (4.1a) de este modelo busca minimizar el costo de transporte entre los distintos puntos a visitar (que podría ser medido, por ejemplo, en tiempo o dinero). La restricción (4.1b) asegura que todo cliente sea visitado por el vendedor una vez. Por otro lado, la restricción (4.1c) es una condición de flujo: si el vendedor llega a una localidad tiene

que transportarse hacia otra (no puede quedarse estancado). Finalmente la restricción (4.1d) es la denominada **eliminación de subtours**, que prohíbe la aparición de viajes con caminos desconectados (subtours). Dos caminos se dicen desconectados si desde un lugar A de uno de estos es imposible llegar (a través de las aristas del grafo) a algún punto B localizado en el otro camino, como se aprecia en las figuras 4.5 y 4.6.

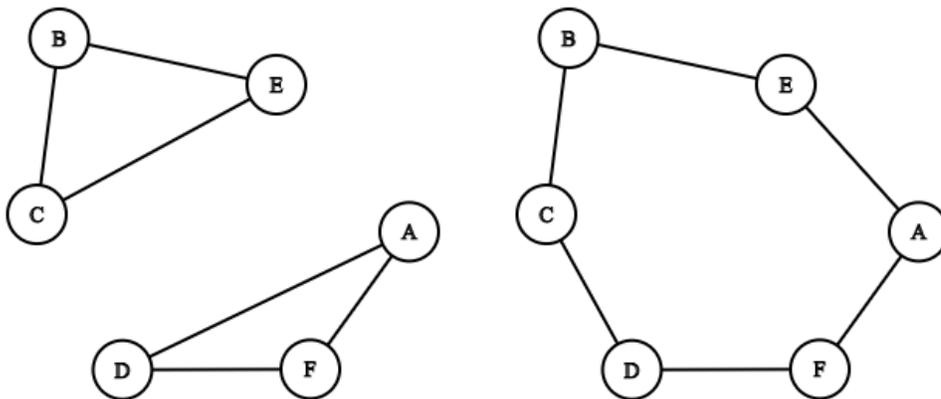


Figura 4.5: Recorrido con subtours Figura 4.6: Recorrido sin subtours

Esta restricción es computacionalmente muy costosa, ya que la cantidad de subconjuntos posibles de N (sin contar el \emptyset ni a N) son $2^n - 2$, existiendo una restricción por cada una de estas posibilidades. Luego, el crecimiento de restricciones hace que el problema sea muy extensivo al incrementar el valor de $|N|$, como se aprecia en la figura 4.7.

Si se quisiera formular el mismo problema pero con múltiples vendedores, que se reparten los lugares a visitar, la formulación matemática es análoga a lo anterior, como se enuncia en el siguiente modelo de programación entera similar al propuesto por Christofides et al. en 1981 (Christofides et al., 1981)[4]:

4.2 Problema múltiples vendedores viajeros:

$$\min \sum_{t \in T} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijt} \quad (4.2a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{t \in T} \sum_{j \in N} x_{ijt} = 1, \quad \forall i \in N \quad (4.2b)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijt} = \sum_{j \in N} x_{jit}, \quad \forall i \in N \quad \forall t \in T \quad (4.2c)$$

$$\sum_{\substack{i, j \in Q \\ i \neq j}} x_{ijt} \leq |Q| - 1 \quad \forall Q \subset N, Q \neq \emptyset \quad \forall t \in T \quad (4.2d)$$

$$x_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N, \forall t \in T \quad (4.2e)$$

Otra forma de plantear el problema del vendedor viajero es usando como variable de decisión el tiempo de llegada al lugar por parte del vendedor, como plantean Kallehauge et al. (Kallehauge et al., 2005) [2], de la siguiente forma:

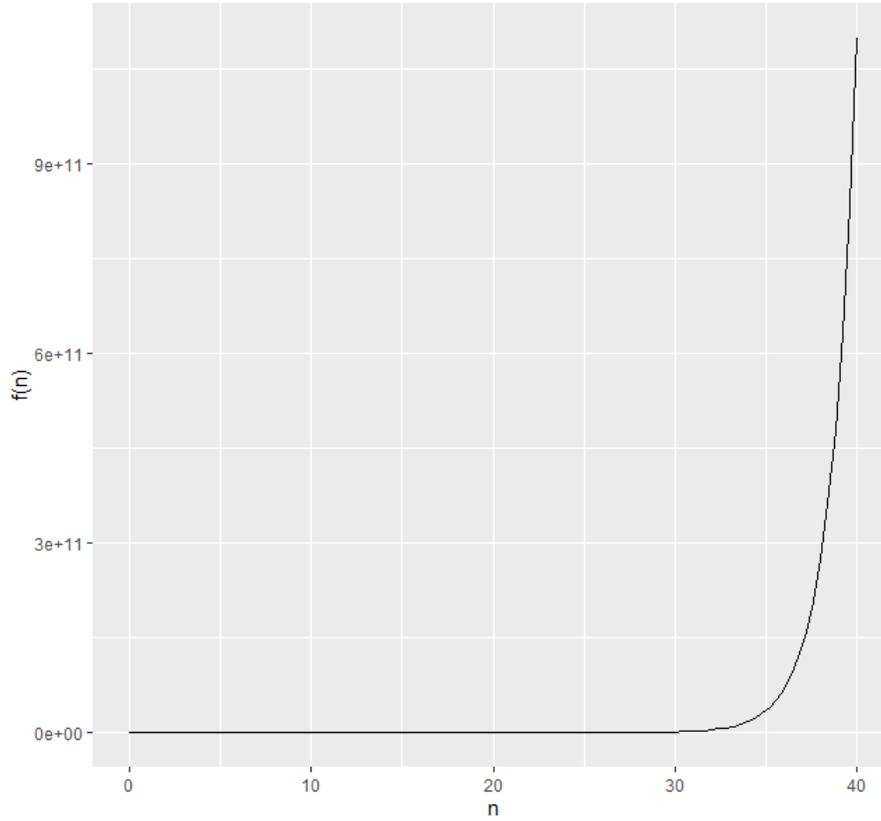


Figura 4.7: $f(n) = 2^n - 2$

4.3 Problema del vendedor viajero (formulación tiempo de llegada):

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} \quad (4.3a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in N} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in N \quad (4.3b)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = \sum_{j \in N} x_{ji}, \quad \forall i \in N \quad (4.3c)$$

$$y_j \geq y_i + d_{ij} - M \cdot (1 - x_{ij}) \quad \forall i \in N, \forall j \in N \setminus \{0\} \quad (4.3d)$$

$$y_0 = 0 \quad (4.3e)$$

$$x_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N \quad (4.3f)$$

Donde y_i es el tiempo en el que se le entrega el servicio al cliente. La formulación 4.3 del problema del vendedor viajero será la que se ocupará en el resto del presente documento.

Debido a la complejidad computacional (a la fecha no se ha encontrado un algoritmo que solucione en tiempo polinomial) y a sus diversas aplicaciones prácticas (como el ruteo de vehículos y la asignación de tareas, problema cuya variante se conoce como el *job shop scheduling*) el problema del vendedor viajero ha sido frecuentemente abordado desde la academia, habiendo diversos enfoques para la resolución de este problema.

Uno de estos enfoques, seguido por autores como Eriksson (Eriksson, 2014)[8], es reformular el problema 4.1 en una formulación de *set-covering*, que son un tipo de problemas

que buscan (dado un universo \mathcal{U} y \mathcal{S} una familia de subconjuntos de \mathcal{U}) encontrar una subfamilia de conjuntos $\mathcal{C} \subset \mathcal{S}$ cuya unión sea igual a \mathcal{U} (propiedad que recibe el nombre de cobertura o *cover*) y cuya cardinalidad sea menor que cualquier otra cobertura \mathcal{C}' .

Para el caso del vendedor viajero el universo \mathcal{U} es el conjunto de todas las posibles rutas que puede hacer un vendedor y \mathcal{S} es el conjunto de rutas **válidas** que puede hacer un vendedor (que son las que parten y terminan en el origen), que pasaremos a llamar \mathcal{R} .

4.4 Formulación *set-covering*:

$$\min \sum_{r \in \mathcal{R}} c_r y_r \quad (4.4a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{r \in \mathcal{R}} a_{ir} y_r \geq 1, \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (4.4b)$$

$$a_{ir} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall r \in \mathcal{R} \quad (4.4c)$$

$$y_r \in \{0, 1\} \quad \forall r \in \mathcal{R} \quad (4.4d)$$

Donde c_r es el costo de la ruta r y a_{ir} es una variable binaria que indica si el punto i está contenido en la ruta r . La restricción 4.4b asegura que todo lugar i sea visitado por lo menos una vez. Esta última condición es distinta a la impuesta en la formulación 4.1, porque se requería que el vendedor pasara una sola vez por cada punto. La motivación de este cambio es la complejidad computacional: la formulación 4.4, en particular la restricción 4.4b podría cambiarse a una igualdad con tal de tener la misma restricción, pero esto transformaría el problema a un problema de **set partition**, que tiene mayor costo computacional. La formulación *set covering* es luego una relajación del *set covering*.

Una heurística conocida para la solución de problemas de set covering es la **generación de columnas**. En esta heurística se inicializa el problema buscando una solución óptima sin considerar todo el universo de soluciones posibles (que llamaremos \mathcal{R}) sino que dentro un subconjunto arbitrario de soluciones **factibles** (que llamaremos $\mathcal{R}' \subset \mathcal{R}$), para encontrar la mejor solución dentro de ese subconjunto. Este problema se denomina **problema maestro**.

4.5 Problema maestro:

$$\min \sum_{r \in \mathcal{R}'} c_r y_r \quad (4.5a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{r \in \mathcal{R}'} a_{ir} y_r \geq 1, \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (4.5b)$$

$$a_{ir} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall r \in \mathcal{R}' \quad (4.5c)$$

$$y_r \in \{0, 1\} \quad \forall r \in \mathcal{R}' \quad (4.5d)$$

Donde c_r es el costo de la ruta, la variable a_{itr} es una variable binaria que toma el valor de 1, si el lugar i es visitado por el técnico t y 0 en caso contrario.

Una vez se encuentra el óptimo problema maestro, se evalúa si existe una ruta cuyo costo reducido asociado es negativo, lo que indicaría que la solución del problema maestro puede mejorar con esta ruta perteneciente a \mathcal{R}/\mathcal{R}' .

Es por lo que se busca un elemento $r \in \mathcal{R}/\mathcal{R}'$ para agregarlo al conjunto \mathcal{R}' . Para encontrar este elemento se busca el elemento con el menor coste reducido, en el llamado *subproblema* (o pricing problem).

Para esto se utiliza el problema dual de la relajación lineal del problema 4.5 (que se logra cambiando la restricción 4.4d por una desigualdad) que se enuncia de la siguiente forma:

4.6 Problema dual:

$$\max \sum_{i \in N \setminus \{0\}} \pi_i \quad (4.6a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{i \in N \setminus \{0\}} a_{ir} \pi_i \leq c_r, \quad \forall r \in R' \quad (4.6b)$$

$$\pi_i \geq 0 \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (4.6c)$$

Sea π la solución óptima al problema dual 4.6. Sea a su vez una ruta $r \in R$ arbitraria. El costo reducido de r (\bar{c}_r) esta dado por:

$$\bar{c}_r = c_r - \sum_{i \in N \setminus \{0\}} a_{ir} \pi_i$$

Dentro de las rutas factibles se busca el elemento r con menor costo reducido \bar{c}_r . Es decir, se busca solucionar el siguiente problema:

4.7 Mínimo costo reducido:

$$\min \bar{c}_r = c_r - \sum_{i \in N \setminus \{0\}} a_{ir} \pi_i \quad (4.7a)$$

$$\text{sujeto a } r \in R \quad (4.7b)$$

Donde cabe recordar R es el universo de rutas factibles. Para que una ruta sea factible tienen que cumplirse las condiciones descritas en 4.3, por lo que la restricción 4.7b se vuelve equivalente a:

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in N \quad (4.7c)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = \sum_{j \in N} x_{ji}, \quad \forall i \in N \quad (4.7d)$$

$$y_j \geq y_i + d_{ij} - M \cdot (1 - x_{ij}) \quad \forall i \in N, \forall j \in N \setminus \{0\} \quad (4.7e)$$

$$y_0 = 0 \quad (4.7f)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N \quad (4.7g)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \quad (4.7h)$$

Notando además que:

$$\bar{c}_r = c_r - \sum_{i \in N \setminus \{0\}} a_{ir} \pi_i = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \bar{c}_{ij} x_{ij}$$

Con $\bar{c}_{ij} = c_{ij} - \pi_i$, por lo que el problema 4.7 puede interpretarse como un problema de camino más corto con recursos limitados (ó ERCSPP por su nombre en inglés: *Elementary Resource Constrained Shortest Path problem*).

4.8 ERCSP - *Elementary Resource Constrained Shortest Path:*

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \bar{c}_{ij} x_{ij} \quad (4.8a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in N} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in N \quad (4.8b)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = \sum_{j \in N} x_{ji}, \quad \forall i \in N \quad (4.8c)$$

$$y_j \geq y_i + d_{ij} - M \cdot (1 - x_{ij}) \quad \forall i \in N, \forall j \in N \setminus \{0\} \quad (4.8d)$$

$$y_0 = 0 \quad (4.8e)$$

$$x_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N \quad (4.8f)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \quad (4.8g)$$

El beneficio de la formulación del problema hasta una forma de ERCSP es la existencia de heurísticas conocidas que permiten solucionar este tipo de problemas de manera más rápida si el problema está lo suficientemente restringido. Una de las heurísticas utilizadas es a través de **algoritmos de *labeling correcting***, los que pueden considerarse una extensión del conocido algoritmo de Dijkstra. Estos algoritmos se basan en la asignación de etiquetas (o *labels* por su nombre en inglés) para poder comparar entre distintos caminos y así encontrar el óptimo.

Una etiqueta (o *label*) (para un camino k) de un nodo i es la distancia del origen hacia este a través de k . Para un nodo i y un camino k consideraremos la etiqueta (T_i^k, V_i^k) , que caracteriza el costo en tiempo (T_i^k) y en dinero (V_i^k) para llegar desde el origen a i a través de k .

Definición 4.1 ((Powell & Chen, 1998) [28]) Sean (a_1, b_1) y (a_2, b_2) dos etiquetas distintas. La primera etiqueta **domina** a la segunda, i.e. $(a_1, b_1) \prec (a_2, b_2)$ ssi $a_1 \leq a_2$, $b_1 \leq b_2$ y una de las desigualdades es estricta.

La dominación entre etiquetas **no es un orden total**, ya que pueden existir pares de etiquetas no comparables (basta tomar (a_1, b_1) y (a_2, b_2) , con $a_1 > a_2$, $b_1 < b_2$). Intuitivamente, esto representa la incompatibilidad de comparar elementos de distinta índole. Por ejemplo, una ruta podría ser más rápida que otra (en tiempo) pero más costosa (en dinero), no siendo una mejor que otra. No obstante, si una fuera más rápida y más barata que la otra, se podría decir que es mejor que la otra, y por lo tanto la domina.

Definición 4.2 ((Powell & Chen, 1998) [28]) Sea (T_i, V_i) una etiqueta para el nodo i . Esta se denominará **eficiente para el nodo i** si no es dominada por ninguna otra etiqueta de i . La ruta correspondiente de p a i se denominará ruta eficiente de i .

Con esto, si se tienen dos etiquetas de i asociadas a un camino 1 y a un camino 2, llámense (T_i^1, V_i^1) y (T_i^2, V_i^2) , tales que $(T_i^1, V_i^1) \prec (T_i^2, V_i^2)$ es posible eliminar a (T_i^2, V_i^2) del conjunto de etiquetas eficientes de i por definición. Lo que busca finalmente un algoritmo de labeling es encontrar el conjunto de etiquetas eficientes descartando las etiquetas dominadas, para así encontrar rutas óptimas. Un procedimiento que dado un set de etiquetas Q elimine las etiquetas dominadas, se denotará como **EFF(Q)**.

Además, es importante notar que como (T_i^1, V_i^1) domina a (T_i^2, V_i^2) , llegar desde i a un nodo j arbitrario desde el camino 1 será más eficiente que llegar desde el camino 2, ya que la distancia entre i y j es fija. Esto último, la acción de extender una etiqueta hacia otro nodo, se puede describir en lo siguiente:

Extender una etiqueta i (T_i^k, V_i^k) :

Proceso de crear nuevas etiquetas para nodos sucesores de i ($j \in Succ(i)$), extendiendo el camino k . Esto es agregando el arco (i,j) al camino k que va desde p a i . La nueva etiqueta de j queda dada por:

$$f_{ij}(T_i^k, V_i^k) = \begin{cases} (T_i^k + t_{ij}, C_i^k + c_{ij}) & \text{si la extensión es factible} \\ \emptyset, & \sim \end{cases}$$

Una extensión es factible solo si los recursos lo permiten (de allí el nombre *Elementary Resource Constrained Shortest Path*). Por ejemplo, para el recurso limitado **tiempo**, supongamos que un cliente puede ser visitado solamente en una ventana horaria de a_j hasta b_j . En este caso, la extensión de i a j sería factible si es que es posible que el vendedor llegase desde i a j entre a_j y b_j , lo que matemáticamente se describiría como:

$$f_{ij}(T_i^k, V_i^k) = \begin{cases} (T_i^k + t_{ij}, C_i^k + c_{ij}) & \text{si } a_j \leq T_i^k + t_{ij} \leq b_j \\ \emptyset, & \sim \end{cases}$$

Otro ejemplo de recurso limitado sería presupuestario. Para el recurso **dinero**, supongamos que el vendedor viajero no puede gastar más de C_{max} en sus viaje. Esto se traduciría matemáticamente como:

$$f_{ij}(T_i^k, V_i^k) = \begin{cases} (T_i^k + t_{ij}, C_i^k + c_{ij}) & \text{si } C_i^k + c_{ij} \leq C_{max} \\ \emptyset, & \sim \end{cases}$$

La idea básica de un algoritmo de labeling es:

1. Tomar un nodo i arbitrario perteneciente a un conjunto de nodos por visitar, llamado E (que se inicializa como $E = \{p\}$).
2. Para cada etiqueta y sucesor j de i extender la etiqueta.
3. Encontrar si hay nuevas etiquetas eficientes en las etiquetas creadas para cada sucesor j de i . De ser así, agregar a j al conjunto E de nodos por visitar.
4. Repetir mientras $E \neq \emptyset$.

Un algoritmo de labeling utilizado para el caso de ERCSPP para el problema del vendedor viajero que sigue lo anterior es el desarrollado por Feillet (Feillet, 2004)[9], el cual se explica en el siguiente pseudo-algoritmo.

Algorithm 1 ESPRRC(p)

Data: E, p

Result: Caminos no dominados desde p hacia cada uno de los otros nodos

Inicialización:

$\Lambda_p \leftarrow \{(0, \dots, 0)\}$

while $E \neq \emptyset$ **do**

 Exploración de los nodos sucesores:

 Elegir $v_i \in E$

forall $v_i \in Succ(v_i)$ **do**

$F_{ij} \leftarrow \emptyset$

forall $\lambda_i = (T_i^1, \dots, T_i^L, s_i, V_i^1, \dots, V_i^n, C_i) \in \Lambda_i$ **do**

if $V_i^j = 0$ **then**

$F_{ij} \leftarrow F_{ij} \cup \{Extender(\lambda_i, v_j)\}$

end

$\Lambda_j \leftarrow EFF(F_{ij} \cup \Lambda_j)$

if Λ_j *changed* **then**

$E \leftarrow E \cup \{v_j\}$

end

 Reducción de E:

$E \leftarrow E \setminus \{v_i\}$

end

end

end

Tal como indica Feillet (Feillet, 2004) [9], la complejidad computacional de este algoritmo esta fuertemente relacionada a lo ajustado que son las restricciones sobre las etiquetas en la función *Extender*.

En caso contrario, si el costo reducido es mayor o igual a 0, la solución obtenida en el problema maestro es óptima. Este proceso se repite de forma iterativa, hasta encontrar la solución óptima. Esto se puede ver esquematizado en la figura 4.8

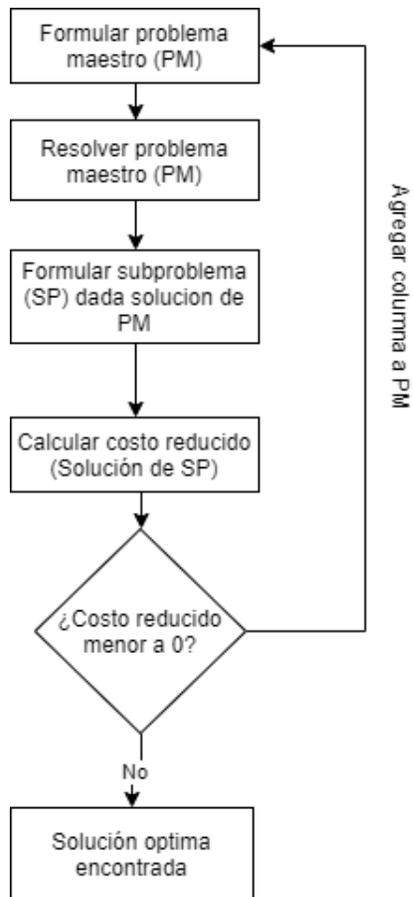


Figura 4.8: Esquema resolución vía generación de columnas

Las estrategias de resolución del problema del vendedor viajero consideradas anteriormente pueden reflejarse en el esquema 4.9.

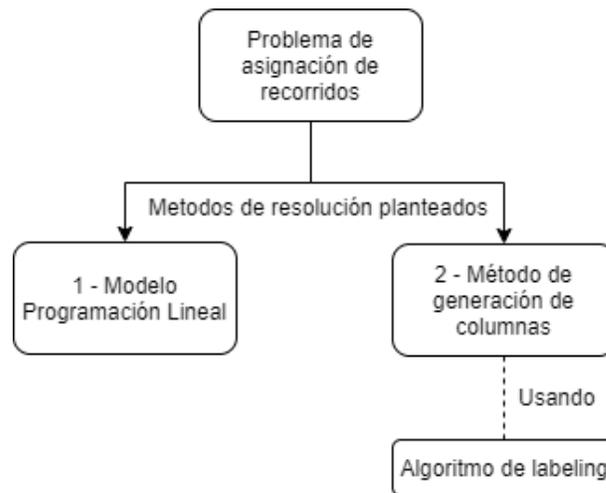


Figura 4.9: Esquema alternativas resolución

Problemática de ruteo abordada

Lo anterior da un contexto a la resolución de problemas de ruteo, sin embargo estos modelos no son exactamente lo requerido para el caso de visitas de técnico en terreno. El trabajo de visitas de técnico en terreno, si bien es de una naturaleza similar a lo anteriormente planteado, no es directamente homologable y **tiene mayor complejidad**, ya que existen restricciones propias que no están presentes en las formulaciones de los autores anteriores. Por ejemplo, en las formulaciones anteriores el vendedor viajero recorre **todas las localidades** buscando minimizar el costo, no existiendo un *nivel de atención*, mientras que en el caso abordado se **debe elegir las ciudades a visitar** por el técnico con tal de maximizar el nivel de atención, minimizando a su vez el costo de transporte (al igual que en el vendedor viajero).

Al tener que elegir que localidades visitar, la formulación de la función objetivo cambia, ya que se podría elegir visitar cero localidades con tal de tener un coste de transporte igual a 0, pero bajo esta modalidad se tendría un nivel de atención con un valor nulo, lo que es el peor escenario para el servicio de soporte. Es por eso que dentro de la función objetivo se debe considerar no solo la distancia, si no que también la cantidad de lugares visitados y la cantidad de ellos que fueron visitados dentro de SLA.

Las restricciones asociadas a la formulación necesaria para el problema de asignación de técnicos en terreno son similares a las del problema del vendedor viajero, pero existe la complejidad de que para el caso del vendedor viajero todas las localidades deben ser visitadas, mientras en este caso, como se menciono anteriormente, no. Esto hace que tenga que existir una variable de decisión adicional que indique si un lugar i es visitado o no por un técnico t (que llamaremos z_{it}). Esta variable de decisión adicional afecta las condiciones de flujo de las formulaciones planteadas anteriormente. En adición a esta nueva variable de decisión z_{it} , se debe incorporar una variable que represente si la localidad i fue atendida dentro de SLA o no. Esta variable se denominará s_i , y tiene que estar relacionada con z_{it} , ya que un comercio no puede ser declarado atendido dentro de SLA si es que no fue atendido en lo absoluto. Otra complejidad adicional que representa la incorporación de la variable s_i es como asignarle un valor, lo que se realiza mediante una restricción de dos partes que la obliga a tomar el valor de 1 si el tiempo de atención del requerimiento (que notaremos y_i) esta dentro del rango de tiempo, y 0 en caso contrario. Como se puede ver, en esta formulación del problema existen nuevas variables que están relacionadas entre ellas y que tienen que seguir una coherencia lógica en su asignación de valores, que se plasman en las restricciones del problema.

Cada uno de las ciudades capitales tiene un conjunto de técnicos (que notaremos como T) que parten su jornada laboral en un *tiempo inicial*. Ellos deben recorrer una serie de lugares (que notaremos como N), permaneciendo en estos el tiempo correspondiente al tiempo de resolución del problema. Este tiempo lo denominaremos *tiempo de atención*. Para el traslado entre dos puntos distintos (llamémoslos i y j) existe un tiempo de viaje, que notaremos como c_{ij} .

Un lugar se declarará dentro de SLA si la llegada del técnico al lugar es menor al tiempo de apertura de la incidencia en el sistema sumado al tiempo máximo de atención de la localidad estipulado por contrato. Esta fecha de tope se denominara *SLA*.

Dependiendo de la cantidad de incidencias que se le asignen a un técnico este puede viajar a los distintos puntos, pero no puede llegar más tarde que la hora *término de jornada* a su lugar de origen.

El caso abarcado en el presente trabajo de título fue formulado de la siguiente manera como modelo de programación lineal:

4.9 Formulación MIP:

$$\max \sum_{i \in N} s_i + \sum_{t \in T} \sum_{i \in N} z_{it} - \alpha \left(\sum_{t \in T} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijt} \right) \quad (4.9a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{t \in T} z_{it} \leq 1 \quad \forall i \in N \quad (4.9b)$$

$$\sum_{j \in N} x_{jit} = z_{it} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (4.9c)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijt} = z_{it} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (4.9d)$$

$$\sum_{t \in T} z_{it} \geq s_i \quad \forall i \in N \quad (4.9e)$$

$$y_{O,t} = \text{Tiempo_inicial} \quad \forall t \in T \quad (4.9f)$$

$$z_{O,t} = 1 \quad \forall t \in T \quad (4.9g)$$

$$y_{jt} \geq y_{it} + c_{ij} + \text{Tiempo_atencion}_i - M_1 \cdot (1 - x_{ijt}) \quad \forall i \in N, \forall j \in N \setminus O \quad (4.9h)$$

$$\text{Termino_jornada} \geq y_{it} + c_{ij} - M_1 \cdot (1 - x_{ijt}) \quad \forall i \in N, \forall j \in O \quad (4.9i)$$

$$SLA_i \geq y_i - M_2 \cdot (1 - s_i) \quad \forall i \in N \quad (4.9j)$$

$$y_i \geq SLA_i - M_2 \cdot (s_i) \quad \forall i \in N \quad (4.9k)$$

$$x_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N, \forall t \in T \quad (4.9l)$$

$$y_{it} \in \mathbb{Z}_+ \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (4.9m)$$

$$z_{it} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (4.9n)$$

$$t_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \quad (4.9ñ)$$

$$s_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \quad (4.9o)$$

Donde se tiene que:

Variables de decisión

- $x_{ijt} = \begin{cases} 1, & \text{si el tecnico } t \text{ visita el lugar } j \text{ luego de visitar el lugar } i \\ 0, & \sim \end{cases}$
- $z_{it} = \begin{cases} 1, & \text{si el tecnico } t \text{ visita el lugar } i \\ 0, & \sim \end{cases}$
- $s_i = \begin{cases} 1, & \text{si el lugar } i \text{ es visitado dentro de SLA} \\ 0, & \sim \end{cases}$

- y_{it} = hora en que el técnico t llega al lugar i (medido como UNIX *timestamp*)

Restricciones

- 4.9b: un lugar i es visitado solo por un técnico
- 4.9c: un técnico t visita un lugar i solo si ha sido asignado a ese lugar
- 4.9d: un técnico t visita un lugar i solo si ha sido asignado a ese lugar
- 4.9e: un lugar no puede cumplir SLA si no fue visitado
- 4.9f: el técnico t sale a trabajar desde su punto de origen en el tiempo de inicio determinado
- 4.9g: todos los lugares de origen son asignados a su respectivo técnico
- 4.9h: si un técnico t viaja de un lugar i a j el tiempo de llegada es el tiempo de partida más el tiempo de viaje
- 4.9i: un técnico t no puede regresar más tarde que la hora de término de la jornada a su origen
- 4.9j: restricción para representar cumplimiento o no de SLA. Si y_{it} es menor que el límite de SLA (que se notará como SLA_i), la variable s_i tomará el valor de 1. En caso contrario, tomará el valor de 0.
- 4.9k: restricción para representar cumplimiento o no de SLA. Si y_{it} es menor que el límite de SLA (que se notará como SLA_i), la variable s_i tomará el valor de 1. En caso contrario, tomará el valor de 0.

El enfoque de resolución basado en la generación de columnas quedó enunciado de la siguiente forma:

4.10 Problema maestro

$$\max \sum_{i \in N} \sum_{r \in R} a_{ir} \cdot y_r + \sum_{r \in R} s_r y_r - \alpha \cdot \sum_{r \in R} c_r y_r \quad (4.10a)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{r \in R} a_{ir} \leq 1, \quad \forall i \in N \quad (4.10b)$$

$$\sum_{r \in R} y_r \geq |T| \quad (4.10c)$$

$$y_r \geq 0 \quad \forall r \in R \quad (4.10d)$$

En este método de resolución también existen diferencias sustanciales. Las principales diferencias entre la formulación 4.10 y la formulación 4.4 son (i) la función objetivo y (ii) el sentido de la desigualdad en la restricción 4.10b. Esto se explica porque la función objetivo fue adecuada, no para minimizar el costo de traslado, si no que, tal como se comentó al principio del capítulo, para maximizar el SLA. A diferencia de la formulación 4.4, que implica que todos los nodos tienen que ser visitados a lo menos una vez, la restricción 4.10b indica que los nodos pueden ser visitados como máximo una sola vez, es decir, puede haber lugares donde no haya una visita en lo absoluto durante el día. Esto ya que, como la cantidad de técnicos es finita, puede darse la situación donde los técnicos puedan no dar abasto en capacidad, lo que con la restricción de la formulación 4.4 haría el problema matemáticamente inviable. Es por eso el cambio del sentido de la desigualdad.

Al igual que lo descrito en el método anterior, esta nueva formulación permite que existan lugares no visitados, por lo que si el algoritmo solo ponderase por SLA, este planificaría visitas solo a los lugares que tienen posibilidad de llegada en SLA, dejando fuera a los demás. Es por esta razón que se incluye el primer término en la función objetivo 4.10a, que implica una bonificación por lugar visitado. De esta manera el algoritmo intentará visitar la mayor cantidad de lugares posibles, y no tan solo preocuparse de conseguir SLAs.

El subproblema asociado a este problema maestro se anuncia de la siguiente manera:

4.11 ERCSPP - *Elementary Resource Constrained Shortest Path*:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \bar{c}_{ij} x_{ij} & (4.11a) \\ \text{sujeto a} \quad & z_i \leq 1 \quad \forall i \in N & (4.11b) \\ & \sum_{j \in N} x_{ji} = z_i \quad \forall i \in N, & (4.11c) \\ & \sum_{j \in N} x_{ij} = z_i \quad \forall i \in N, & (4.11d) \\ & z_i \geq s_i \quad \forall i \in N & (4.11e) \\ & y_O = \text{Tiempo_inicial} & (4.11f) \\ & z_O = 1 & (4.11g) \\ & y_j \geq y_i + c_{ij} + \text{Tiempo_atencion}_i - M_1 \cdot (1 - x_{ij}) \quad \forall i \in N, \forall j \in N \setminus O & (4.11h) \\ & \text{Termino_jornada} \geq y_i + c_{ij} - M_1 \cdot (1 - x_{ij}) \quad \forall i \in N, \forall j \in O & (4.11i) \\ & SLA_i \geq y_i - M_2 \cdot (1 - s_i) \quad \forall i \in N & (4.11j) \\ & y_i \geq SLA_i - M_2 \cdot (s_i) \quad \forall i \in N & (4.11k) \\ & x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N & (4.11l) \\ & y_i \in \mathbb{Z}_+ \quad \forall i \in N, & (4.11m) \\ & z_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, & (4.11n) \\ & t_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N & (4.11ñ) \\ & s_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N & (4.11o) \end{aligned}$$

La diferencia de la formulación 4.9 y la formulación 4.11 se encuentra en que la primera considera múltiples técnicos, mientras que la segunda considera solo un técnico.

El formato de las etiquetas definidas para ejecutar el algoritmo 1 fue (T_i^k, SLA_i^k) con: T_i^k el tiempo de llegada al punto i y SLA_i^k una variable binaria que toma el valor de 1 si se llega dentro de SLA y 0 de caso contrario.

La función de extensión de etiquetas (llamada *EFF* en el algoritmo 1) para el caso en cuestión se definió de la siguiente forma:

Extender etiqueta i a j :

$$f_{ij}(T_i^k, V_i^k) = \begin{cases} (T_i^k + t_{ij}, 1) & \text{si } (T_i^k + c_{ij} \leq \text{Termino_jornada} \wedge T_i^k + c_{ij} \leq \text{SLA}_j) \\ (T_i^k + t_{ij}, 0) & \text{si } (T_i^k + c_{ij} \leq \text{Termino_jornada} \wedge T_i^k + c_{ij} > \text{SLA}_j) \\ \emptyset, & \sim \end{cases}$$

Con las definiciones anteriores es posible programar el algoritmo de labeling y el problema en su versión MIP. Es importante mencionar que estos algoritmos solo operarán para los tickets que no son catalogados como extremos, ya que para su asignación estos deben ser aprobados por RR.HH. para la asignación de viáticos y programación especial. Los tiempos de viajes se asumen utilizando transporte público, con datos conseguidos a través de la API de Google Maps.

4.1.3. Procesos para la ejecución de un requerimiento (TO-BE)

El proceso de atención TO-BE de un requerimiento se puede apreciar en el BPMN adjunto en la figura 4.11.

Una de las propuestas será ejecutada por el coordinador de área, el cual ya no tendrá que asignar de manera manual la distribución de técnicos en terreno, si no que se encargará de ejecutar el programa de optimización. Esto eliminará las actividades *Ordenar tickets por hora de vencimiento* y *Buscar técnico más cercano por ticket* del proceso AS-IS y generara una asignación más eficiente.

Por otro lado, el callbot se conectará con la base de incidencias de IBM por lo que al recibir un requerimiento de la mesa de ayuda se gestionará una llamada. El técnico podrá revisar los resultados de manera inmediata en el dashboard con tal de revisar caso a caso las situaciones acontecidas, pudiendo el técnico ahorrar tiempo de la tarea *Identificar problema* ya que tendrá conocimiento de la situación con anticipación. Esto le permitirá planificar de mejor forma la atención.

De igual forma, se plantea la eliminación de los casos en que el comercio se encuentre cerrado al momento de la visita, y se elimina las actividades de *Configurar equipo* y *Explicar uso del equipo* ya que no se solucionarían con una visita en terreno, si no que se solucionarán vía remota.

Una vez terminado el horario de atención, a las 19:00 horas, los coordinadores de área **ya no tendrán que revisar todos los incidentes** abiertos al cierre del día, ya que estos serán asignados por la herramienta de optimización. Su única tarea en este período será levantar las solicitudes de los tickets extremos que no son abordados por la propuesta de optimización de rutas. Esto disminuirá considerablemente su carga en ese momento. Esto se aprecia en el BPMN de la figura 4.10.

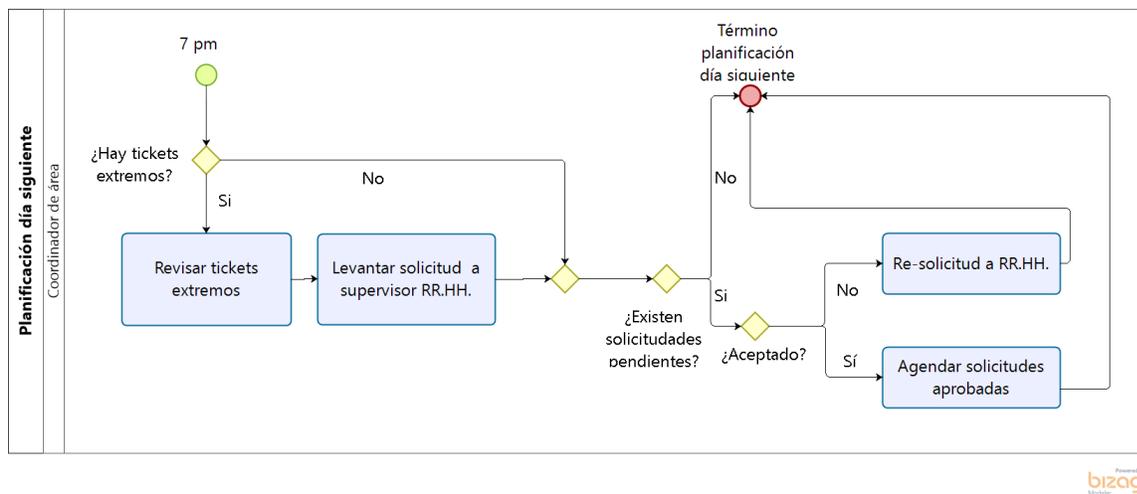


Figura 4.10: Asignación de día hábil siguiente

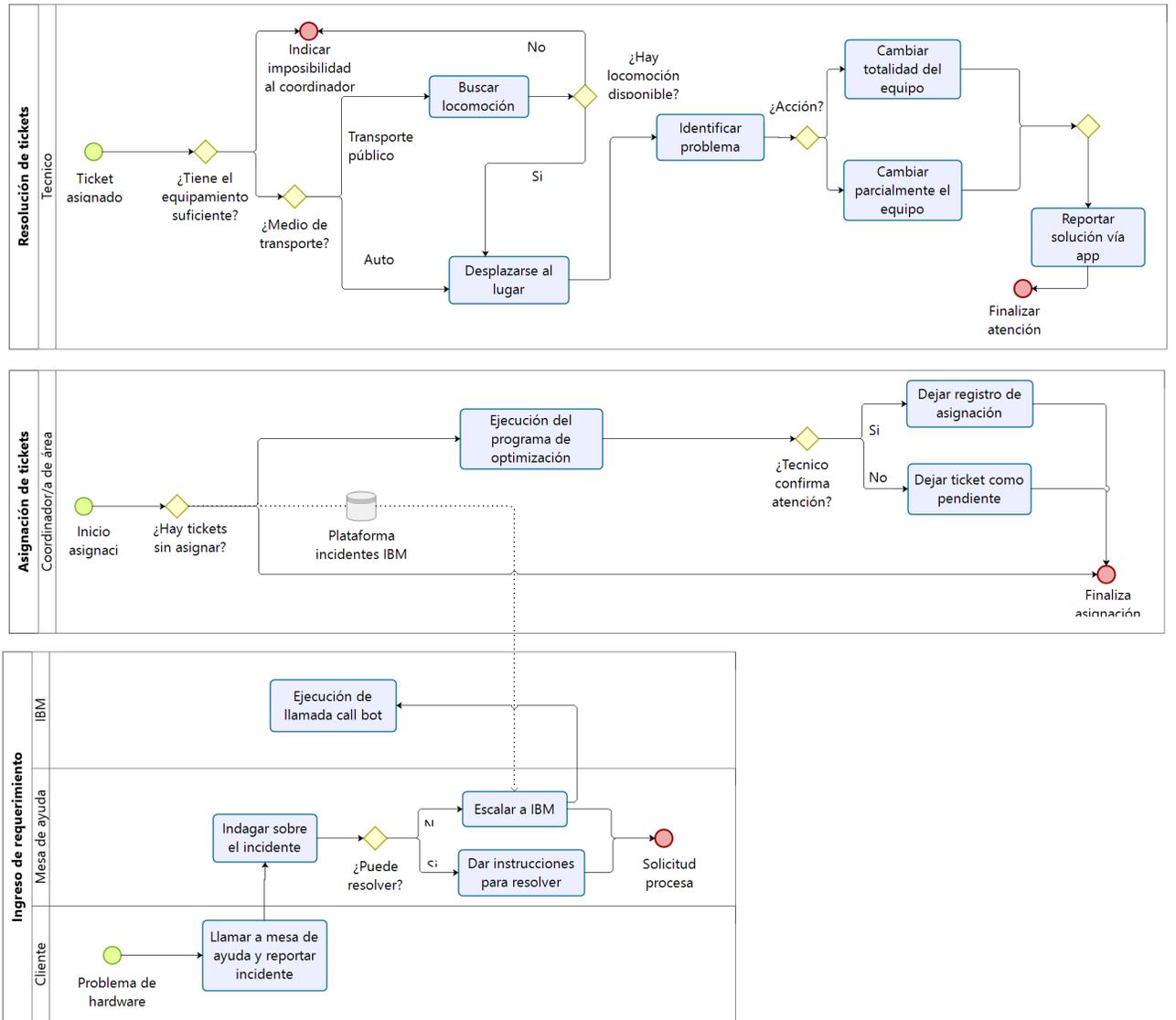


Figura 4.11: Asignación de requerimiento durante día hábil

4.2. Resultados implementación

4.2.1. Sistema de gestión previo al requerimiento

Si bien se pudo montar la infraestructura y los servicios asociados para realizar las llamadas telefónicas, donde se realizaron más de 100 llamadas a un grupo interno de pruebas, debido a la coyuntura social vivida en Chile desde octubre hasta la fecha de elaboración del presente documento, no se pudieron realizar llamadas a clientes reales en modalidad productiva.

Sin embargo, usando datos conocidos con respecto a otro tipo de proyectos similares dentro de la empresa y del tamaño del grupo de clientes a abordar, se realizó una estimación del presupuesto y el *sizing* de la solución, que se puede ver en la tabla 4.1.

Los servicios en la nube utilizados para efectuar la conversación se cobran por uso: el caso de *Watson Assistant* es facturado según la cantidad de *api calls*, i.e, la cantidad de veces que se realizó una consulta al servicio. El servicio de transcripción *Watson Speech to Text* se factura según la cantidad de minutos transcritos. Finalmente el servicio de *Watson Text to Speech* es facturado según la cantidad de caracteres reproducidos por la aplicación. Ninguno de estos componentes tiene un costo fijo.

Del lado telefónico, el costo de realizar llamadas, en la plataforma Twilio, desde un número telefónico celular (el cual tiene un costo fijo mensual) desde la red de telefonía pública vía la plataforma de telefonía IP, se factura por minuto de llamada realizada.

El software que conecta los servicios de Watson en la nube con la plataforma telefónica, el *IBM Voice Gateway*, se encuentra en un servidor virtual montado en la nube pública de IBM (*IBM Cloud*), con un sistema operativo *RedHat*. La facturación de dicha infraestructura es mensualmente, con costos fijos dependientes de la capacidad de almacenamiento, CPU y memoria RAM.

Como se puede apreciar en los costos expuestos en la tabla 4.1, el mayor componente del precio mensual de una solución de esta naturaleza es el costo fijo. Es por eso que se propone un aumento gradual en el número de clientes a contactar, con tal de, una vez estando más madura la solución, no abarcar solo clientes de la décima región si no que tener una cobertura nacional.

Se tomó como supuestos una tasa de contactabilidad aproximada de un 60 %, basada en campañas telefónicas similares realizadas. En base a incursiones similares de este tipo de tecnologías en otras áreas de la compañía, se uso como supuesto una efectividad del 70 % en el robot. Extrapolando esos resultados, la cantidad de tickets posibles a ser solucionados sin visita previa, llegarían al 70 % sobre el 24 % del total de los requerimientos objetivos (las llamadas fallas de coordinación). Es decir, un **16.8 % del total de los requerimientos** pudiesen haber sido contenidos de esta forma, cerrando directamente el caso, lo que implica un cumplimiento de SLA. Esto es, un **16.8 % más de SLA**.

Variables	
Cantidad de clientes a llamar	1000
Tasa de contactabilidad	60 %
Cantidad de llamadas	600
Interacciones promedio por conversación	5
Cantidad total de interacciones	3000
Caracteres por interacción	80
TMO conversación (minutos)	1,5
Minutos totales	900
Cantidad total interacciones	3000
Caracteres totales	240000
Costos variables	
Watson Assistant (USD/interacción)	\$0,0025
Watson Speech to Text (USD/minuto)	\$0,02
Watson Text to Speech (USD/ mil caracteres)	\$0,02
Twilio minuto llamada	\$0,0120
Total (600 llamadas)	\$41,1
Costos fijos	
Número de teléfono Twilio (#10)	\$70
Servidores SIP	\$200
Total costo fijo	\$270
Costo total (USD)	\$311,1

Tabla 4.1: Valorización de proyecto para **600 llamadas efectivas**

4.2.2. Optimización de decisión de rutas

Para la ejecución de esta propuesta, se desarrolló un programa que resolvió el problema de ruteo usando los dos enfoques propuestos, es decir, mediante la **generación de columnas** y mediante la **programación lineal entera mixta** (MIP por su sigla en inglés). Para esto se recurrió al lenguaje de programación Python 3.7.3, utilizando el motor de optimización de IBM llamado *ILOG CPLEX* 12.8.0.0, invocado a través de la librería *Decision Optimization CPLEX* para Python (*docplex*) versión 2.10.154. El ambiente computacional utilizado fue un PC con sistema operativo Windows 10 Enterprise, equipado con 8GB de memoria RAM y un procesador Intel Core i5-8350U.

Utilizando datos de una jornada laboral real, con 13 requerimientos activos al principio del día, se ejecutó un set de pruebas de resolución del problema usando ambos algoritmos, con una cantidad inicial de 3 localidades, para luego ir agregando más datos de manera incremental. Los resultados están descritos en la tabla 4.2.

# localidades	Generación de columnas		MIP	
	Tiempo	Resultado	Tiempo	Resultado
3	0:00:00.081005	2.9302	0:00:00.114999	2.9302
4	0:00:00.338997	3.9178	0:00:00.146998	3.9178
5	0:00:00.874001	3.9178	0:00:00.482000	3.9178
6	0:00:01.469005	4.9178	0:00:00.764003	4.9178
7	0:00:03.935997	5.8643	0:00:00.729002	5.8643
8	0:00:12.460998	6.8643	0:00:01.143004	6.8643
9	0:01:00.798148	7.6070	0:00:05.046008	7.6070
10	0:01:55.205567	8.5675	0:00:44.431128	8.5675
11	0:03:26.098028	9.5675	0:02:47.199004	9.5675
12	0:07:19.875010 (*)	10.5674 (*)	0:13:13.170441	10.5674
13	0:07:40.942746 (*)	11.5496 (*)	0:30:00.0000 <	11.5674

Tabla 4.2: Rendimiento y resultados de métodos de resolución

Como se puede apreciar en la tabla 4.2 y en la figura 4.12, la resolución del problema mediante el método MIP tiene un mejor desempeño en instancias más pequeñas que el método de generación de columnas. Esta diferencia de desempeño se va reduciendo a medida que la instancia aumenta, hasta que la situación se revierte cuando $n = 11$, donde el tiempo de resolución se vuelve favorable hacia el método de generación de columnas.

Sin embargo, los resultados del método de generación de columnas resultaron **no ser exactos** a medida que aumentaba la complejidad del problema. Esto es, ya que como se explicó en la sección anterior, la generación de columnas es el resultado de la relajación lineal de un problema de programación entera, por lo que **las variables de decisión resultantes pueden no ser enteras**. A modo de ejemplo, los resultados de instancia 12 y 13 (marcados con *), dieron como resultado rutas con valores $0 < y_i < 1$, lo que tiene sentido matemático por la formulación del problema, pero no tiene ningún sentido en la práctica, ya que un técnico no puede realizar una fracción de viaje. Esto explica la abrupta diferencia de tiempos de resolución del problema desde la instancia 11 en adelante, ya que desde ese punto las soluciones dejaron de ser enteras para y_i .

Para evitar este comportamiento en el método de generación de columnas es necesario la implementación de una estrategia de *branching*. Un método de branching es un mecanismo que divide el problema recursivamente, agregando restricciones para lograr que el resultado final sea entero. Esto aumenta considerablemente el tiempo de ejecución y programación.

Otro punto importante en contra del uso de este método, es la falta de restricciones fuertes en la función de extensión (EFF) del algoritmo de labeling. Como la **única** condición para que una etiqueta no pudiese ser extendida era que el tiempo de llegada a una ciudad no fuese mayor que el tiempo máximo de la jornada laboral, la cantidad de rutas capaces de ser extendidas por el algoritmo se tornaba muy alta, teniendo que recorrer muchas de las posibilidades antes de llegar a la solución definitiva. En cambio, si la restricción sobre la extensión de etiquetas fuese más fuerte (como indica Feillet (Feillet, 2004) [9]), el algoritmo podría descartar rápidamente rutas inviables, disminuyendo la carga computacional necesaria al tener que recorrer menos opciones factibles. Es por estas dos razones que **se descartó el uso del método de generación de columnas**.

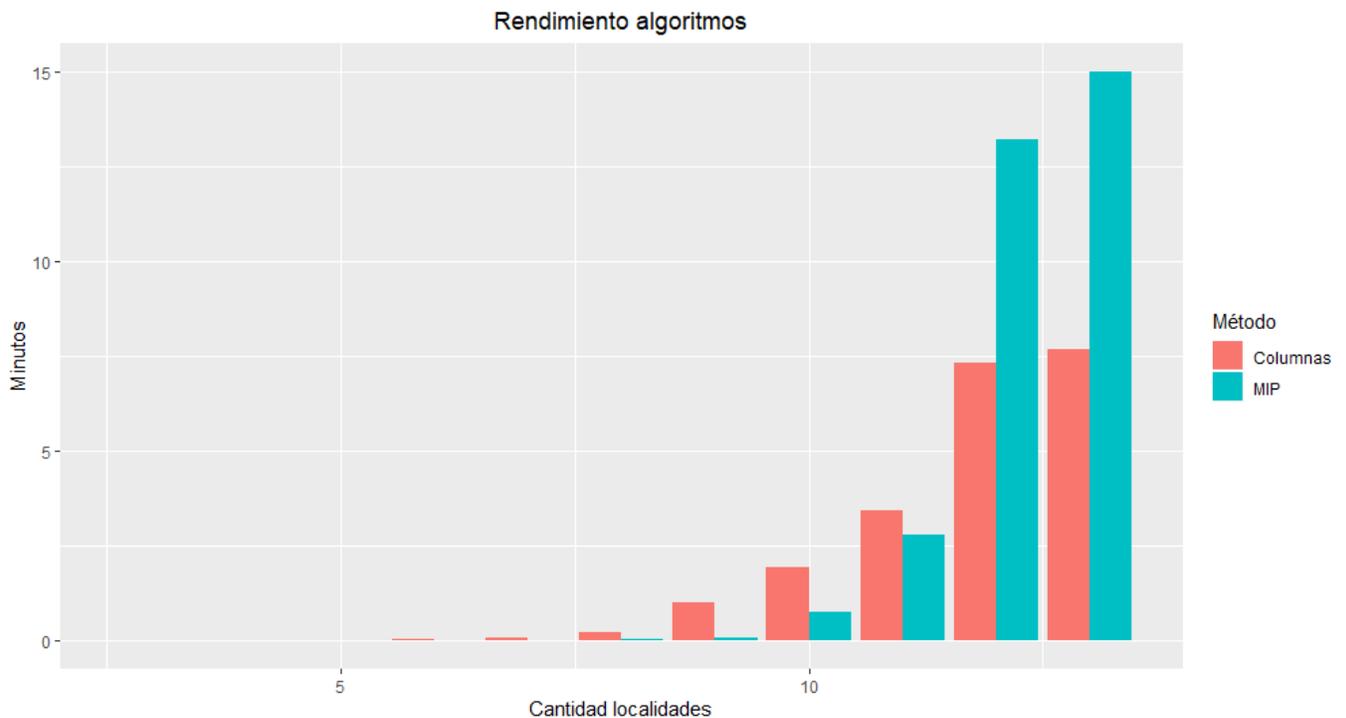


Figura 4.12: Rendimiento métodos de resolución

Por otro lado, la resolución del problema vía método MIP, al ser una formulación no relajada linealmente del problema, no presenta la problemática de soluciones no enteras para y_i . Los resultados de este método por lo tanto **son exactos** y no requieren ningún procesamiento adicional.

Se puede observar en la tabla anterior, que el tiempo de resolución aumentó exponencialmente a medida que incrementó el número de localidades (lo que era de esperar, tal como se planteó en la figura 4.7). A pesar de esto, debido a la forma en la que opera el motor de optimización CPLEX, el cual para el largo de la búsqueda del óptimo global itera por los puntos

factibles del plano en búsqueda de óptimos locales manteniendo la mejor solución obtenida hasta el momento, fue posible constatar que en todos los casos **la solución obtenida hasta el minuto 5 coincidía con el valor global obtenido al término de la ejecución de la optimización**. Es por eso que se tomó la determinación de que, a nivel operativo, para que la solución fuera viable y que el tiempo computacional no fuese un impedimento para la implementación (puesto que el ruteo de los técnicos es dinámico durante el día por el ingreso de nuevos requerimientos) se configuró al motor de búsqueda para que al llegar al minuto 5 entregase respuesta. De esta manera se tiene una aproximación que, si bien puede no ser la óptima, es una de las mejores soluciones encontradas por el motor de optimización, siendo marginal el costo/beneficio para asignación de rutas (se notó que para instancias mayores de 10, el GAP, es decir la diferencia máxima estimada entre el óptimo local y el máximo óptimo posible, era de un 5%). En otras palabras, ejecutar el algoritmo por más de una hora podría eventualmente mejorar la solución en no más de un 5% de lo calculado hasta el minuto 5.

Debido a esto, se escogió finalmente el algoritmo MIP para la implementación del sistema de ruteo. Al probar durante dos semanas este mecanismo de asignación los resultados indicaron que el ruteo permitiría mejorar en un 22% la capacidad de atención de tickets diarios de un técnico en la décima región. Esto significaría que en un día hábil se podrían atender un 22% más de tickets, lo que generaría un aumento en los niveles de servicio ya que aumentarían la eficiencia del técnico.

Conclusión

El objetivo general del presente trabajo de título fue *proponer un rediseño de procesos que permitiese mejorar la eficiencia y los indicadores del nivel de servicio para la mantención de requerimientos de hardware de IBM en la décima región*, ya a que los indicadores asociados a cumplimiento de SLA (niveles de servicio) presentaban un potencial riesgo financiero para la compañía. Para esto se evaluó la situación del servicio de soporte y se identificaron puntos de mejoras, de los que se desprendieron soluciones para brindar soporte al cliente con mayores niveles de SLA. El rediseño se enfocó en propuestas de carácter tecnológico, utilizando los recursos disponibles de la compañía, puesto que además de brindar servicios de mantención de hardware la empresa es un importante desarrollador de software. Se mostró la existencia de mecanismos con los cuales el área de soporte podría tener una mejor gestión, sin tener cambios sustanciales en su estructura de costos, estando apalancados por las tecnologías que dispone la empresa. Se mostró que, sin un presupuesto abultado, es posible realizar mejoras operacionales importantes.

El objetivo específico (i) de *describir, representar (modelar) y documentar el proceso de negocio y a sus actores asociados a partir del levantamiento de información acerca el estado actual de los niveles de servicio y de los procesos involucrados*, fue abordado mediante el análisis de datos de más de 3 meses de operación, dividiendo dicho análisis en tres ejes principales: distribución horaria de los requerimientos, distribución geográfica de los requerimientos y la distribución causal de los requerimientos. La razón para la separación del análisis en esos ejes fue para estudiar la sensibilidad de la eficiencia del servicio frente a estos factores. El análisis horario permitió comprobar la capacidad de atención suficiente de requerimientos (un 97% de ellos están cubiertos por los técnicos), lo que llevaría a apuntar qué uno de los puntos de mejora no estaría en la cantidad de recursos disponibles, si no en la forma que ellos se utilizan. Este punto pudo ser reforzado con el análisis geográfico de los requerimientos, que, a través de métodos de clusterización permitió modelar la distribución ideal de localidades por técnicos, que distaba de ser la distribución utilizada en la operación diaria. Por otro lado, el análisis causal de los requerimientos permitió constatar la existencia de un porcentaje de requerimientos que podrían haber sido solucionados de maneras menos costosas (en términos de tiempo y dinero) con formas de resolución alternativas a la visita en terreno.

El objetivo específico (ii), de *realizar un diagnóstico de las oportunidades de diseño, a partir del análisis de la información recopilada con tal de identificar puntos de mejora y de baja eficiencia en los procesos involucrados*, pudo ser abordado tomando como insumo la información obtenida, que apuntaba a una mala distribución de los recursos disponibles al momento de la asignación de las localidades a atender, lo que generaba mayores tiempos de

respuesta en la atención. Otro punto que se desprendió fue una falta de contención sobre incidencias cuya resolución podía ejecutarse sin una visita en terreno, lo que generaba un coste de oportunidad de atención para otros requerimientos.

Es por eso que, a través de un árbol de problemas y soluciones, se diagnosticó como oportunidad de rediseño la formulación de un modelo matemático capaz de asignar de forma óptima los recorridos de los técnicos y así mitigar el primer punto, optimizando el uso de los recursos humanos de la empresa. Otra oportunidad de rediseño identificada fue la creación de un mecanismo de gestión previa a la atención del requerimiento para mitigar así el segundo punto, con tal de así dar herramientas para obtener mayor información del requerimiento y evaluar las acciones a seguir, sin agendar una visita a todos los requerimientos.

Por su lado, el objetivo específico (iii), de *proponer soluciones que, mediante el uso de tecnologías de la información, mejoren la eficiencia de la atención de requerimientos de hardware*, se logró considerando las oportunidades de mejora anteriormente mencionadas y plasmándolas en forma de herramientas tecnológicas, con tal de aprovechar las capacidades propias de la compañía y lograr un impacto positivo en el servicio sin implicar un coste monetario elevado. Es por eso que se propuso una herramienta computacional que, a través de modelos matemáticos de optimización, fuese capaz de calcular y entregarle al coordinador de área la ruta óptima (disminuyendo tiempos de traslados) a seguir por los técnicos durante una jornada laboral, y un sistema de llamadas de atención previa automático a través de un call bot, cuya ventaja es que permitiría contactar a una alta cantidad de clientes sin tener que disponer del tiempo de los coordinadores de área y a un costo menor que un operador humano.

Se escogieron esas soluciones tras considerar su capacidad de escalamiento y flexibilidad para el caso del chatbot, y de lo relevante que implicaba el potenciamiento de la logística como competencia central del área en el caso de la herramienta computacional.

El objetivo específico (iv), de *implementar prototipos funcionales que permitan validar las soluciones propuestas*, y el objetivo específico (v), de *evaluar el impacto potencial de la implementación de las soluciones planteadas*, permitieron comprobar la factibilidad de las soluciones planteadas y de aproximar cuantitativamente el impacto del rediseño en un régimen productivo.

Al momento de implementar la optimización de las rutas a seguir por lo técnicos se pudieron probar dos métodos distintos de resolución, para luego hacer un análisis sobre los tiempos de ejecución y así descartar el de mayor costo computacional. Los métodos probados fueron (a) la programación lineal entera y (b) un algoritmo de aproximación mediante el mecanismo de generación de columnas.

El análisis de tiempos de ejecución permitió mostrar que, si bien ciertas heurísticas permiten aproximar de una forma más rápida la solución óptima, al ser aproximaciones no generan resultados aplicables en la práctica, que dependiendo del caso abordado puede ser más o menos conveniente.

Lo anterior quiere decir que las heurísticas de aproximación terminan generando un trade-off entre tiempo de ejecución y exactitud. En este caso, era de mucha importancia la exactitud de las soluciones, por lo que se decidió el método de programación lineal, que presentaba un mayor tiempo de ejecución pero con resultados de mayor exactitud.

Esta solución otorgó una posibilidad de mejorar en hasta un **22 %** la eficiencia de atención

diaria de requerimientos, extrapolando los resultados obtenidos en las semanas de prueba. Por otro lado, el callbot, otorgo una posibilidad de aumentar mediante llamadas telefónicas un **16.8 %** los niveles de servicio.

Uno de los mayores aprendizajes obtenidos dentro del desarrollo del trabajo de memoria, es que en muchas ocasiones **soluciones para los problemas de las organizaciones están dentro de las capacidades internas de la misma organización**, pero que, debido a la priorización de otras actividades, los esfuerzos son enfocados en otras tareas. En el caso tratado en el presente trabajo de título los esfuerzos de la compañía estaban centrados en mantener una continuidad operacional, lo que no daba lugar a buscar mecanismos alternativos para mejorar los niveles de servicio.

Otro aprendizaje obtenido fue que aplicar un método distinto puede ser innovador y ser una oportunidad de desarrollo y de posicionamiento de productos estratégicos de la compañía. El uso de las tecnologías que se ofrecen y venden a clientes en proyectos internos, permiten desarrollar capacidades y potenciar funcionalidades, por lo que se cumple un doble propósito: mejorar el desempeño interno de los procesos y aumentar el conocimiento sobre de los productos comercializados.

Uno de los principales **riesgos** identificados en las propuestas planteadas tienen relación con la **continuidad y mantención** de las soluciones. Al ser una servicio de operación muy dinámico por el gran volumen y heterogeneidad de las transacciones diarias, pueden ir con el tiempo dándose condiciones no contempladas en lo desarrollado en el presente documento. Ejemplo de esto puede ser un cambio en el formato de los datos utilizados en los algoritmos, o la aparición de un comercio en una localidad no mapeada en el proceso de optimización, lo que derivaría en un error computacional. De la misma forma, es importante la mantención de los servicios asociados al callbot, ya que mientras a más calibración es sometido, mayor es el entendimiento, mejorando tanto la capacidad de una atención más precisa como la experiencia de usuario y la efectividad para la auto-atención.

Es por estos riesgos que es importante una buena gestión del cambio al momento de implementación de las propuestas en su modalidad productiva. Es por esto que una de las principales actividades a realizar para la mitigación de los riesgos es la capacitación a los coordinadores de área acerca del uso de estas herramientas, las cuales están pensadas para poder ser modificadas en forma dinámica por ellos para adecuarse a las condiciones que fuesen apareciendo en el tiempo. Es por eso que la documentación de la operación es de crítica importancia.

Es importante notar que uno de los beneficios que presenta el área al implementar estas soluciones que ocupan las herramientas propias de la compañía es la existencia de especialistas a los cuales se puede recurrir por soporte en otras áreas de negocios, por lo cual no es necesario para el área de soporte de hardware tener que contratar personal para la mantención de las herramientas ya que estos se encuentran disponibles. Esta también es una buena practica para poder generar sinergias entre las distintas áreas de la compañía, pasa así brindar una mejor oferta de servicio a los clientes, potenciando los *offerings* de la empresa.

Finalmente, se propone como líneas a abordar para trabajos futuros la implementación de métodos de análisis predictivo sobre el tipo de fallas, según la información histórica para tener mejor preparación y capacidad de reacciones ante fallas del tipo **no programables**.

Esto permitiría identificar potenciales fallas antes de su manifestación, transformándolas en fallas **programables**. Otra línea a abordar propuesta es la evaluación de la efectividad del callbot en su modalidad productiva.

Anexos

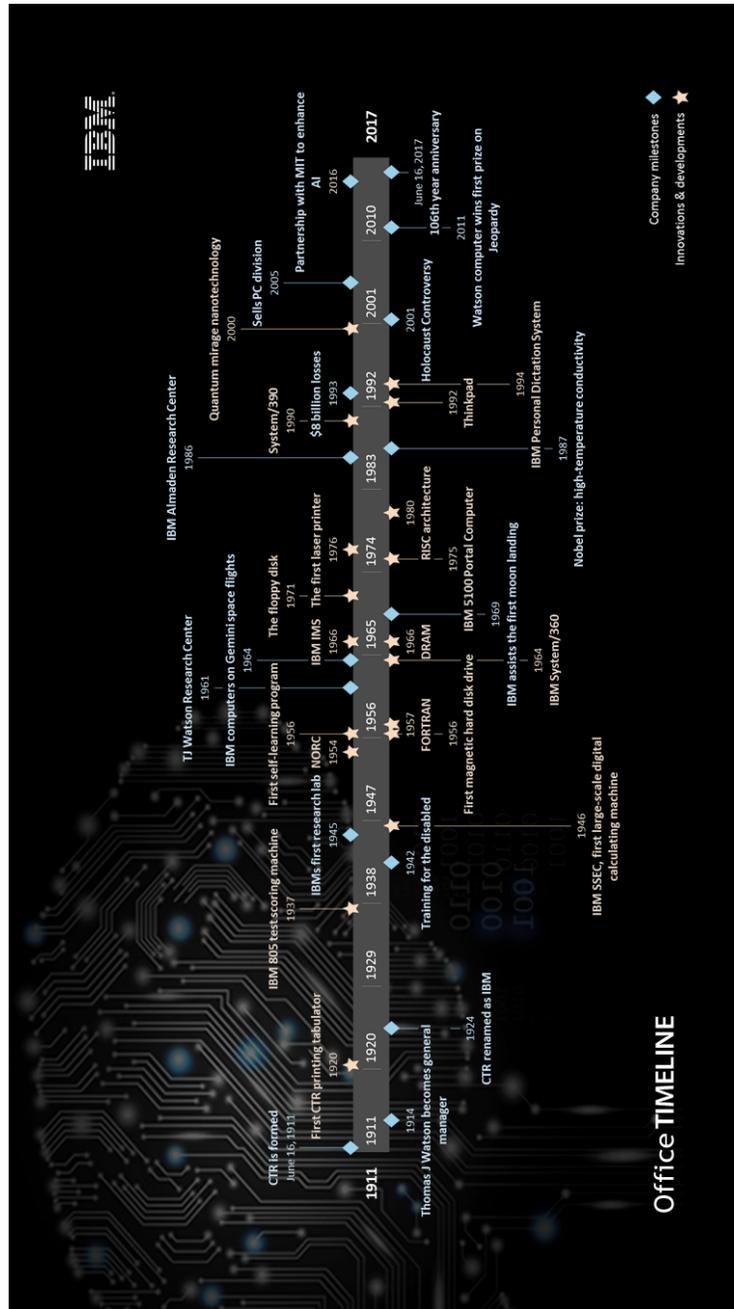


Figura 4.13: Línea de tiempo IBM

Tabla 4.3: Matriz de distancia (medida en segundos)

Comuna	ACHAO	ANCUD	CALBUCO	CASTRO	CHAILEN	CHONCHI	COCHAMO	CURACO DE VELEZ	DALCAHUE	FRESIA	FRUTILLAR	FUTALEUFU	HUALAHUE	LANQUIHUE	LOS MUERMOS
ACHAO	0.0	6454.0	13418.0	4134.0	42900.0	5476.0	19239.0	915.0	2798.0	15869.0	14711.0	55689.0	26428.0	14127.0	14950.0
ANCUD	6454.0	0.0	7961.0	4620.0	37442.0	5962.0	13782.0	5955.0	3931.0	10412.0	9254.0	50232.0	20971.0	8669.0	9492.0
CALBUCO	13418.0	7961.0	0.0	11776.0	32568.0	13118.0	8908.0	13111.0	1087.0	5538.0	4380.0	45358.0	16096.0	3795.0	4618.0
CASTRO	4134.0	4620.0	11776.0	0.0	40916.0	1641.0	17286.0	3447.0	1567.0	13916.0	12758.0	53736.0	24475.0	12173.0	12997.0
CHAILEN	42900.0	37442.0	32568.0	40916.0	0.0	42387.0	29282.0	42380.0	3049.0	40356.0	31215.0	12758.0	19499.0	30630.0	32341.0
CHONCHI	5476.0	5962.0	13118.0	1641.0	42387.0	0.0	18768.0	4929.0	3049.0	42380.0	0.0	53082.0	25774.0	13655.0	14478.0
COCHAMO	19239.0	13782.0	8908.0	17286.0	29282.0	18768.0	0.0	18794.0	18768.0	15398.0	6807.0	42247.0	12986.0	6222.0	8294.0
CURACO DE VELEZ	915.0	5955.0	13111.0	3447.0	42380.0	4929.0	18794.0	0.0	2191.0	15262.0	14104.0	55082.0	25821.0	13520.0	14343.0
DALCAHUE	2798.0	3931.0	11087.0	1567.0	40356.0	3049.0	16770.0	2191.0	0.0	13215.0	12057.0	53085.0	11472.0	2290.0	12295.0
FRESIA	15869.0	10412.0	5538.0	13916.0	32373.0	15398.0	7965.0	15262.0	13215.0	0.0	2418.0	4554.0	16292.0	2200.0	2357.0
FRUTILLAR	14711.0	9254.0	4380.0	12758.0	31215.0	14240.0	6807.0	14104.0	13215.0	2418.0	0.0	44376.0	1515.0	1023.0	3665.0
FUTALEUFU	55689.0	50232.0	45358.0	53736.0	12758.0	55218.0	42247.0	55082.0	4554.0	44376.0	44376.0	0.0	31973.0	43103.0	44814.0
HUALAHUE	26428.0	20971.0	16096.0	24475.0	19499.0	25957.0	12986.0	25821.0	15115.0	16292.0	15115.0	0.0	0.0	14159.0	15869.0
LANQUIHUE	14127.0	8669.0	3795.0	12173.0	30630.0	13655.0	6222.0	13655.0	11472.0	2200.0	1023.0	43103.0	0.0	0.0	3058.0
LOS MUERMOS	14950.0	9492.0	4618.0	12997.0	32341.0	14478.0	8294.0	14343.0	12235.0	2357.0	3665.0	44814.0	15869.0	3058.0	0.0
MAULLIN	12595.0	7137.0	3566.0	10641.0	32835.0	12123.0	9250.0	11988.0	9940.0	5924.0	4747.0	45309.0	17085.0	3442.0	5087.0
OSORNO	17053.0	11595.0	6721.0	15099.0	32835.0	16581.0	7929.0	16446.0	14398.0	4512.0	2751.0	46029.0	17085.0	6094.0	2928.0
LANQUIHUE	14127.0	8669.0	3795.0	12173.0	30630.0	13655.0	6222.0	13655.0	11472.0	2200.0	1023.0	43103.0	0.0	0.0	3058.0
PALENA	54497.0	49040.0	44166.0	52544.0	11566.0	54026.0	41055.0	53890.0	51843.0	44362.0	43185.0	9424.0	31154.0	42659.0	44227.0
PUERTO MONTT	13628.0	8170.0	3296.0	11674.0	29340.0	13156.0	6862.0	13021.0	10973.0	3492.0	2315.0	41813.0	12868.0	1789.0	3351.0
PUERTO OCTAY	15943.0	10485.0	5611.0	13989.0	32446.0	15471.0	6387.0	15336.0	13288.0	3649.0	1231.0	44919.0	15075.0	2332.0	4984.0
PUERTO VARAS	13957.0	8500.0	3626.0	12004.0	39461.0	13486.0	5507.0	13350.0	11303.0	2598.0	1421.0	42934.0	13989.0	2928.0	2928.0
PURRANQUE	15671.0	10214.0	5340.0	13718.0	32175.0	15200.0	7577.0	15064.0	13017.0	2822.0	1369.0	44648.0	15703.0	2060.0	4725.0
PUTEHUE	21581.0	16124.0	11250.0	19028.0	38085.0	21110.0	10062.0	20974.0	18927.0	9261.0	6570.0	33472.0	21613.0	7970.0	10622.0
QUEILLEN	7817.0	8303.0	15359.0	3981.0	44728.0	2498.0	21142.0	7210.0	5384.0	17816.0	16639.0	57201.0	28256.0	16113.0	16930.0
QUELLON	8737.0	9223.0	16379.0	4902.0	45648.0	3767.0	22062.0	8130.0	6304.0	18736.0	17559.0	58121.0	29176.0	17033.0	17850.0
QUENCHI	5527.0	3666.0	9965.0	3574.0	39234.0	5056.0	15648.0	4920.0	2873.0	1146.0	1146.0	51707.0	22763.0	10620.0	11436.0
QUINCHAO	840.0	7297.0	14452.0	4789.0	43721.0	6270.0	20136.0	1631.0	3601.0	16810.0	15633.0	56195.0	27230.0	15107.0	15923.0
RIO NEGRO	16428.0	10971.0	6097.0	14475.0	32922.0	15957.0	8334.0	15821.0	1374.0	3944.0	2127.0	45405.0	16460.0	2817.0	5470.0
SAN JUAN DE LA COSTA	19630.0	14173.0	9299.0	17677.0	36134.0	19159.0	10559.0	19023.0	16976.0	6981.0	5328.0	48607.0	19662.0	6019.0	8671.0
SAN PABLO	17669.0	12212.0	7388.0	15716.0	34173.0	17198.0	8599.0	17062.0	15015.0	5129.0	3367.0	46646.0	17701.0	4058.0	6710.0

Tabla 4.4: (*continuación*) Matriz de distancia (medida en segundos)

Comuna	MAULLIN	OSORNO	PALENA	PUERTO MONTT	PUERTO VARAS	PURRANQUE	PUYEHUE	QUEILEN	QUELLON	QUEMCHI	QUINCHAO	RIO NEGRO	SAN JUAN	SAN PABLO
ACHAO	12595.0	17053.0	54497.0	13628.0	15943.0	13937.0	21581.0	7817.0	8737.0	5527.0	840.0	16428.0	19630.0	17669.0
ANCUD	7137.0	11395.0	49040.0	8170.0	10485.0	8500.0	16124.0	8303.0	9223.0	3006.0	7297.0	10971.0	14173.0	12212.0
CALBUCO	3566.0	6721.0	44166.0	3296.0	5611.0	3626.0	11250.0	15459.0	16379.0	9965.0	14452.0	6097.0	9299.0	7338.0
CASTRO	10641.0	15009.0	52544.0	11674.0	13989.0	12004.0	19628.0	3981.0	4902.0	3574.0	4789.0	14475.0	17677.0	1716.0
CHAITEN	32835.0	33556.0	11566.0	29340.0	32446.0	30461.0	38085.0	44728.0	45648.0	39234.0	43721.0	32932.0	36134.0	34173.0
CHONCHI	12123.0	16581.0	54026.0	13156.0	15471.0	15486.0	21110.0	2498.0	3767.0	5056.0	6270.0	15957.0	19159.0	17198.0
COCHAMO	9290.0	7929.0	41055.0	6862.0	6337.0	5307.0	10062.0	21142.0	22062.0	13648.0	20136.0	8334.0	10559.0	8599.0
CURACO DE VELEZ	11988.0	16446.0	53890.0	13021.0	15336.0	13350.0	20974.0	7210.0	8130.0	4920.0	1631.0	15821.0	19023.0	17062.0
DALCAHUE	9940.0	14398.0	51843.0	10973.0	13288.0	11303.0	18927.0	5384.0	6304.0	2873.0	3601.0	13774.0	16976.0	15015.0
FRESIA	5924.0	4512.0	44362.0	3492.0	3649.0	2598.0	9261.0	17816.0	18736.0	12323.0	16810.0	3944.0	6981.0	5129.0
FRUTILLAR	4747.0	2751.0	43185.0	2315.0	1231.0	1369.0	6870.0	16639.0	17559.0	11146.0	15633.0	2127.0	5328.0	3367.0
FUTALEUFU	45309.0	46029.0	9424.0	41813.0	44919.0	42934.0	33472.0	57201.0	58121.0	51707.0	56195.0	45405.0	48607.0	46646.0
HUALAHUE	16364.0	17085.0	31154.0	12868.0	15975.0	13989.0	21613.0	28256.0	29176.0	22763.0	27250.0	16460.0	19662.0	17701.0
LLANQUIHUE	4221.0	3442.0	42659.0	1789.0	2332.0	895.0	7970.0	16113.0	17033.0	10620.0	15107.0	2817.0	6019.0	4058.0
LOS MUERMOS	5037.0	6094.0	44227.0	3351.0	4984.0	2928.0	10622.0	16930.0	17850.0	11436.0	15923.0	5470.0	8671.0	6710.0
MAULLIN	0.0	7152.0	44597.0	3727.0	6042.0	4057.0	11681.0	14585.0	15905.0	9092.0	13579.0	6528.0	9730.0	7769.0
OSORNO	7152.0	0.0	45500.0	4630.0	2737.0	3736.0	5381.0	18954.0	18975.0	13461.0	17948.0	1920.0	2965.0	1304.0
PALENA	44597.0	45500.0	0.0	40557.0	43664.0	41678.0	49302.0	55945.0	56865.0	50452.0	54939.0	44149.0	47351.0	45390.0
PUERTO MONTT	3727.0	4630.0	40557.0	0.0	3462.0	1477.0	9101.0	15571.0	16491.0	10078.0	14565.0	3948.0	7150.0	5189.0
PUERTO OCTAY	6042.0	2737.0	43664.0	3462.0	0.0	2763.0	5788.0	17981.0	18901.0	12488.0	16975.0	2478.0	5389.0	3428.0
PUERTO VARAS	4057.0	3736.0	41678.0	2763.0	0.0	0.0	8323.0	15946.0	16866.0	10453.0	14940.0	3170.0	6372.0	4411.0
PURRANQUE	5771.0	1852.0	43392.0	3191.0	1721.0	2413.0	6806.0	17636.0	18556.0	12142.0	16629.0	1437.0	4639.0	2678.0
PUYEHUE	11681.0	5381.0	49302.0	9101.0	5788.0	8323.0	0.0	23501.0	24421.0	18007.0	22494.0	6728.0	8030.0	6069.0
QUEILEN	14585.0	18954.0	55945.0	15571.0	17981.0	15946.0	23501.0	0.0	6079.0	7369.0	8584.0	18270.0	21472.0	19511.0
QUELLON	15905.0	19875.0	56865.0	16491.0	18901.0	16866.0	24421.0	6079.0	0.0	8444.0	9659.0	19345.0	22547.0	20386.0
QUINCHAO	9092.0	13461.0	50452.0	10078.0	12488.0	10453.0	18007.0	7369.0	8444.0	0.0	6622.0	12848.0	16049.0	14088.0
QUINCHAO	13579.0	17948.0	54939.0	14565.0	16629.0	14940.0	22494.0	8584.0	9659.0	6622.0	0.0	17170.0	20372.0	18411.0
RIO NEGRO	6528.0	1920.0	44149.0	3948.0	2478.0	3170.0	6728.0	18270.0	19345.0	12848.0	17170.0	0.0	4550.0	2589.0
SAN JUAN DE LA COSTA	9730.0	2965.0	47351.0	7150.0	5389.0	6372.0	8030.0	21472.0	22547.0	16049.0	20372.0	4550.0	0.0	4056.0
SAN PABLO	7769.0	1304.0	45390.0	5189.0	3428.0	4411.0	6069.0	19511.0	20586.0	14088.0	18411.0	2589.0	4056.0	0.0

Tabla 4.5: Matriz de distancia (medida en metros)

Comuna	ACHAO	ANCUD	CALBUCO	CASTRO	CHAITEN	CHONCHI	COHAMO	CUYACO DE VELEZ	DALCAHUE	FRESIA	FRUTILLAR	FUTALEUFU	HUALAHUE	LANQUIHUE	LOS MUERMOS
ACHAO	0.0	89785.0	172799.0	39113.0	419995.0	59687.0	285035.0	11568.0	20897.0	241282.0	218712.0	570810.0	315523.0	200420.0	210309.0
ANCUD	89785.0	0.0	89821.0	83105.0	336417.0	103679.0	202057.0	79874.0	69696.0	158305.0	69696.0	158305.0	232545.0	117442.0	12731.0
CALBUCO	172799.0	89821.0	0.0	166792.0	293871.0	187367.0	193510.0	163561.0	153384.0	115758.0	153384.0	445285.0	189998.0	74896.0	84783.0
CASTRO	39113.0	83105.0	0.0	0.0	412126.0	21761.0	211442.0	28578.0	19027.0	234013.0	285178.0	563540.0	308254.0	193151.0	203040.0
CHAITEN	419995.0	336417.0	293871.0	0.0	0.0	433736.0	409930.0	306749.0	399753.0	255564.0	255564.0	585092.0	151943.0	265887.0	189998.0
CHONCHI	59687.0	103679.0	187367.0	21761.0	0.0	0.0	299317.0	50129.0	40578.0	143080.0	299317.0	190726.0	102217.0	214702.0	74896.0
COHAMO	285035.0	202057.0	193510.0	277765.0	255893.0	0.0	0.0	275805.0	265628.0	0.0	275805.0	200615.0	151943.0	146937.0	84783.0
CUYACO DE VELEZ	11568.0	79874.0	163561.0	28578.0	309930.0	50129.0	275805.0	0.0	11204.0	120309.0	275805.0	561116.0	151943.0	146937.0	84783.0
DALCAHUE	20897.0	69696.0	153384.0	19027.0	399753.0	40578.0	265628.0	11204.0	0.0	220934.0	11204.0	198364.0	220934.0	202728.0	180602.0
FRESIA	241282.0	158305.0	115758.0	234013.0	255564.0	143080.0	231588.0	231588.0	0.0	0.0	48634.0	48634.0	48634.0	48634.0	48634.0
FRUTILLAR	218712.0	135734.0	93187.0	211442.0	285178.0	292994.0	209018.0	209018.0	198364.0	48634.0	0.0	435889.0	180602.0	180602.0	180602.0
FUTALEUFU	570810.0	487832.0	445285.0	563540.0	151353.0	585092.0	561116.0	561116.0	550462.0	458014.0	435889.0	0.0	270380.0	417208.0	438341.0
HUALAHUE	315523.0	232545.0	189998.0	308254.0	119050.0	329805.0	305829.0	305829.0	295175.0	180602.0	180602.0	0.0	0.0	161937.0	161937.0
LANQUIHUE	200420.0	117442.0	74896.0	193151.0	265887.0	214702.0	190726.0	20569.0	180072.0	42695.0	20569.0	417208.0	161937.0	0.0	0.0
LOS MUERMOS	210309.0	12731.0	84783.0	203040.0	287020.0	224591.0	200615.0	189961.0	180072.0	42695.0	417208.0	438341.0	161937.0	0.0	0.0
MAULLIN	155250.0	72272.0	67310.0	147981.0	147981.0	109532.0	146937.0	146937.0	189961.0	48634.0	77486.0	438341.0	183070.0	57452.0	57452.0
OSORNO	281022.0	198044.0	155498.0	273753.0	313679.0	109532.0	179554.0	145556.0	134902.0	153186.0	113061.0	465000.0	209729.0	94716.0	104275.0
PALENA	565118.0	482140.0	439594.0	557849.0	145661.0	579400.0	401539.0	555424.0	260674.0	95823.0	65348.0	497810.0	242539.0	82100.0	139983.0
PUERTO MONTT	180098.0	97120.0	54573.0	203040.0	287020.0	224591.0	200615.0	189961.0	180072.0	42695.0	417208.0	438341.0	161937.0	0.0	0.0
PUERTO OCTAY	242027.0	159049.0	116502.0	234738.0	307493.0	295630.0	107044.0	107044.0	171949.0	71949.0	23315.0	488813.0	203544.0	43105.0	43105.0
PUERTO VARAS	195264.0	112286.0	69740.0	187995.0	260731.0	205946.0	93137.0	93137.0	174916.0	50599.0	28474.0	648270.0	156781.0	10129.0	541083.0
PURRANQUE	243492.0	160515.0	117968.0	236223.0	308959.0	257774.0	139434.0	1233799.0	223144.0	54730.0	152609.0	504549.0	249277.0	44570.0	143823.0
PUTEHUE	345314.0	260536.0	217990.0	336245.0	408081.0	357796.0	170982.0	333820.0	323166.0	175189.0	124802.0	598729.0	305031.0	202475.0	202475.0
QUEILLEN	103381.0	147373.0	231060.0	65453.0	477429.0	44303.0	343304.0	93687.0	84027.0	298937.0	276811.0	628751.0	373479.0	258467.0	268025.0
QUEMCHI	122900.0	166892.0	250579.0	84974.0	496948.0	66571.0	362823.0	113206.0	103547.0	318456.0	296331.0	648270.0	392998.0	277986.0	287544.0
QUINCHAO	72952.0	62790.0	106858.0	65683.0	353227.0	87234.0	63238.0	63238.0	52904.0	171735.0	152609.0	504549.0	249277.0	44570.0	143823.0
RIO NEGRO	11497.0	100999.0	184686.0	49703.0	431055.0	71254.0	296930.0	22908.0	32243.0	252563.0	220438.0	582377.0	327105.0	212093.0	221651.0
SAN JUAN DE LA COSTA	261629.0	178652.0	136105.0	254360.0	327096.0	275011.0	151284.0	251936.0	241281.0	64530.0	43955.0	478418.0	223146.0	62707.0	120591.0
SAN PABLO	316972.0	218694.0	176147.0	294402.0	367138.0	315954.0	162615.0	291978.0	295603.0	101222.0	100277.0	592739.0	277468.0	117029.0	174912.0
															160633.0

Tabla 4.6: (*continuación*) Matriz de distancia (medida en metros)

Comuna	MAULLIN	OSORNO	PALENA	PUERTO MONTT	PUERTO OCTAY	PUERTO VARAS	PURRANQUE	PUYEHUE	QUEILEN	QUELLON	QUEMCHI	QUINCHAO	RIO NEGRO	SAN JUAN	SAN PABLO
ACHAO	152250.0	281022.0	565118.0	180098.0	242027.0	195264.0	243492.0	343514.0	103381.0	122900.0	72952.0	11497.0	261629.0	315951.0	301672.0
ANCUD	72272.0	198044.0	482140.0	97120.0	139049.0	112286.0	109515.0	260536.0	147373.0	106892.0	62730.0	100999.0	178652.0	232973.0	218694.0
CALBUCO	67310.0	155498.0	439594.0	54573.0	116502.0	69740.0	117968.0	217990.0	231060.0	250579.0	106858.0	184686.0	136105.0	190427.0	176147.0
CASTRO	147981.0	273753.0	557849.0	172828.0	234758.0	187995.0	236223.0	336245.0	65455.0	84974.0	65683.0	49703.0	254360.0	308682.0	294402.0
CHAILEN	313679.0	346489.0	145661.0	239704.0	307493.0	260731.0	308959.0	408981.0	477429.0	496948.0	353227.0	431055.0	327096.0	381418.0	367138.0
CHONCHI	169532.0	295304.0	579400.0	194380.0	256309.0	209546.0	257774.0	357796.0	44303.0	66571.0	87234.0	71254.0	275911.0	330233.0	315954.0
COCHAMO	179544.0	141740.0	401539.0	109412.0	107044.0	93137.0	132434.0	170982.0	343304.0	362823.0	219102.0	296930.0	151284.0	176894.0	162615.0
CURACO DE VELEZ	145556.0	271328.0	555424.0	170404.0	232333.0	18570.0	233799.0	333820.0	93887.0	113206.0	63258.0	22908.0	251936.0	306257.0	291978.0
DALCAHUE	134902.0	260674.0	544770.0	159750.0	221679.0	174916.0	223144.0	323166.0	84027.0	103547.0	52604.0	32243.0	241281.0	295603.0	281324.0
FRESIA	135186.0	95823.0	452323.0	67302.0	71949.0	50599.0	54730.0	175180.0	298937.0	318456.0	174735.0	252563.0	64530.0	101222.0	116473.0
FRUTILLAR	113061.0	65348.0	430198.0	45177.0	23315.0	28474.0	27818.0	124802.0	276811.0	296331.0	152069.0	230438.0	45955.0	100277.0	85997.0
FUTALEUFU	465000.0	497810.0	87832.0	391026.0	458815.0	412053.0	460281.0	598729.0	628751.0	648270.0	504549.0	582377.0	478418.0	532739.0	518460.0
HUALAHUE	209729.0	242539.0	264704.0	135755.0	203544.0	156781.0	205009.0	305031.0	373479.0	392998.0	249277.0	327105.0	223146.0	277468.0	263188.0
LLANQUIHUE	94716.0	82100.0	411853.0	26832.0	43105.0	10129.0	44570.0	144592.0	258467.0	277986.0	13495.0	212093.0	62707.0	117029.0	102749.0
LOS MUERMOS	10275.0	139983.0	434243.0	48274.0	100988.0	54083.0	79907.0	202475.0	268025.0	287544.0	143823.0	221051.0	120591.0	174912.0	160633.0
MAULLIN	0.0	175121.0	459217.0	74196.0	136125.0	89363.0	137591.0	237613.0	212956.0	232476.0	88754.0	106582.0	155728.0	210049.0	195770.0
OSORNO	175121.0	0.0	492359.0	107338.0	52396.0	90634.0	40120.0	93546.0	338972.0	358492.0	214770.0	292598.0	36471.0	33024.0	24816.0
PALENA	459217.0	492359.0	0.0	385335.0	453124.0	406361.0	454589.0	554611.0	623059.0	642578.0	498857.0	576685.0	472726.0	527048.0	512769.0
PUERTO MONTT	74196.0	107338.0	385335.0	0.0	68465.0	21702.0	69931.0	169932.0	237427.0	256946.0	113225.0	191053.0	88068.0	142389.0	128110.0
PUERTO OCTAY	136125.0	52396.0	453124.0	68465.0	0.0	52145.0	29371.0	102220.0	300483.0	320003.0	176281.0	254109.0	48221.0	87559.0	73580.0
PUERTO VARAS	89363.0	90634.0	406361.0	21702.0	0.0	0.0	52507.0	152529.0	152529.0	270798.0	127077.0	204905.0	70644.0	121966.0	110687.0
PURRANQUE	137591.0	40120.0	454589.0	69931.0	29371.0	52507.0	0.0	132306.0	301716.0	321235.0	177514.0	255342.0	23438.0	77700.0	63480.0
PUYEHUE	237613.0	93546.0	554611.0	169932.0	102220.0	152529.0	132306.0	0.0	401618.0	421138.0	355245.0	126167.0	126167.0	128162.0	113883.0
QUEILEN	219556.0	338972.0	623059.0	237427.0	300483.0	251279.0	301716.0	401618.0	0.0	110091.0	130754.0	114774.0	319431.0	373753.0	359474.0
QUELLON	232476.0	358492.0	642578.0	256946.0	320003.0	270798.0	321235.0	421138.0	110091.0	0.0	130858.0	134878.0	339536.0	393857.0	379578.0
QUINCHAO	88754.0	214770.0	498857.0	113225.0	176281.0	127077.0	177514.0	277416.0	130754.0	150858.0	0.0	83481.0	195200.0	249522.0	235243.0
QUINCHAO	106582.0	292598.0	576685.0	191053.0	254109.0	204905.0	255242.0	355245.0	114774.0	134878.0	83481.0	0.0	273023.0	327344.0	313065.0
RIO NEGRO	155728.0	36471.0	472726.0	88068.0	48221.0	70644.0	23438.0	126167.0	319431.0	339536.0	195200.0	273023.0	0.0	71550.0	57271.0
SAN JUAN DE LA COSTA	210049.0	33024.0	527048.0	142389.0	87859.0	124966.0	77760.0	128162.0	373753.0	393857.0	249522.0	327344.0	71550.0	0.0	54818.0
SAN PABLO	195770.0	24816.0	512769.0	128110.0	73580.0	110687.0	63480.0	113883.0	359474.0	379578.0	235243.0	313065.0	57271.0	54818.0	0.0

Bibliografía

- [1] Accenture. *Chatbots in customer services*. 2016.
- [2] Kallehauge B., Larsen J., Madsen O.B., and Solomon M.M. *Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Springer, 2005.
- [3] O. Barros. *Rediseño de procesos de negocios mediante el uso de patrones*. Ediciones Dolmen, 2000.
- [4] N. Christofides, A. Mingozzi, and P. Toth. *Exact algorithms for the vehicle routing problem, based on spanning tree and shortest path relaxations*. Mathematical Programming, 1981.
- [5] G. Dantzig, R. Fulkerson, and S. Johnson. *Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem*. Journal of the Operations Research Society of America, 1954.
- [6] T.H Davenport. *Process innovation; reengineering work through information*. Harvard Business Press, 1993.
- [7] Deloitte. *Chatbots Point of View*. 2018.
- [8] Sandra Eriksson. *Modeling and solving vehicle routing problems with many available vehicle types*. Chalmers University of Technology, 2014.
- [9] D. Feillet, P. Dejax, Gendreau M., and C. Gueguen. *An Exact Algorithm for the Elementary Shortest Path Problem with Resource Constraints: Application to Some Vehicle Routing Problems*. Wiley, 2004.
- [10] V. Goel. *IBM Now Has More Employees in India Than in the U.S*. New York Times, 2017.
- [11] Synergy Research Group. *The Leading Cloud Providers Increase Their Market Share Again in the Third Quarter*. [en línea] <https://www.srgresearch.com/articles/leading-cloud-providers-increase-their-market-share-again-third-quarter> [consulta: 01 julio 2019], 2018.
- [12] M. Hammer and J. Champy. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Collins Business Essentials, 2009.

- [13] Red Hat. *IBM adquiere Red Hat, cambiando completamente el panorama cloud y convirtiéndose en el primer proveedor de nube híbrida del mundo*. [en línea] <https://www.redhat.com/es/about/press-releases/ibm-adquiere-red-hat-cambiando-completamente-el-panorama-cloud-y-convirtiendose-en-el-primer-proveedor-de-nube-hibrida-del-mundo> [consulta: 01 julio 2019].
- [14] K. Horst. *Rediseño del proceso de atención y gestión de solicitudes informáticas en la mesa de ayuda del servicio de salud metropolitano sur oriente*. Universidad de Chile, 2017.
- [15] IBM. *Acerca de IBM*. [en línea] <https://www.ibm.com/ibm/cl/es> [consulta: 01 julio 2019].
- [16] IBM. *Inverstor relations - Our Strategy*. [en línea] <https://www.ibm.com/investor/strategy/> [consulta: 01 julio 2019].
- [17] IBM. *A history of progress*. IBM, 2001.
- [18] IBM. *IBM 3Q 2019 Earnings*. IBM, 2019.
- [19] IDC. *Worldwide Enterprise Storage Market Grew 34.4 % during the First Quarter of 2018, According to IDC*. [en línea] <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43964118> [consulta: 01 julio 2019], 2018.
- [20] H. J. Johansson. *Business process reengineering: breakpoint strategies for market*. Wiley, 1994.
- [21] B. MacCartney and C Potts. *Natural Language Understanding*. Stanford, 2019.
- [22] Macrotrends. *IBM Revenue 2006-2018*. [en línea] <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/IBM/ibm/revenue> [consulta: 01 julio 2019].
- [23] M. Maechler. *Package ‘cluster’ documentation*. Comprehensive R Archive Network, 2019.
- [24] E. Medina. *Big Blue in the Bottomless Pit: The Early Years of IBM Chile*. IEEE, 2008.
- [25] E. Medina. *Cybernetic Revolutionaries: Technology and Politics in Allende’s Chile*. Cambridge: MIT Press, 2011.
- [26] C. Montaña. *Propuesta de rediseño del proceso de mantenimiento correctivo en el hospital clínico de la red de salud UC Christus*. Universidad de Chile, 2019.
- [27] Strategies Towards Energy Performance and Urban Planning. *Identifying City Challenges and Opportunities: A Guide to Problem/Solution Tree Analysis*. 2015.
- [28] W. Powell and Z. Chen. *A Generalized Threshold Algorithm for the Shortest Path*

Problem with Time Windows. American Mathematical Society, 1998.

- [29] F. Rotini, Y. Borgianni, and G. Cascini. *Re-engineering of Products: How to Achieve Global Success in the Changing Marketplace*. Springer, 2012.
- [30] R. Solis-Oba. *Approximation Algorithms for the k -Median Problem*. Springer, 2006.
- [31] D. Varela. *Rediseño del modelo de atención de un software de gestión comercial para la reducción de costos*. Universidad de Chile, 2016.