



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

MODELO PARA OPTIMIZACIÓN DE DOTACIÓN DE PERSONAL DE VENTAS
PARA UNA TIENDA DE RETAIL DE PERÚ

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CLAUDIO ANDRÉS FUENTES STEGER

PROFESOR GUÍA:

RODOLFO URRUTIA URIBE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

PATRICIO CONCA KEHL
ANDRÉS MUSALEM SAID

SANTIAGO DE CHILE

2018

MODELO PARA OPTIMIZACIÓN DE DOTACIÓN DE PERSONAL DE VENTAS PARA UNA TIENDA DE RETAIL DE PERÚ

Oechsle, compañía de tiendas por departamento, miembro del holding peruano Intercorp, tras 16 años de recesión, se encuentra en búsqueda de soluciones para optimizar sus operaciones, en las más de 20 tiendas que tiene distribuidas por todo Perú. Esto porque, debido a la llegada de competencia desde Chile, Oechsle ha sido relegado a la tercera posición del mercado.

En esta búsqueda por recuperar mercado, es que, desde la gerencia de Productividad surgen inquietudes sobre el desempeño de la fuerza laboral, en particular, sobre la fuerza de ventas, la cual ha ido en aumento durante los últimos años, elevando su costo. Si bien este aumento de trabajadores se debe al aumento de la cantidad de tiendas y las ventas generadas, desde las jefaturas intermedias se presenta la duda sobre el rendimiento de las decisiones que se tomaron en el último tiempo. Ya que, el costo operacional por las ventas sigue representando un porcentaje cercano al 30%.

Por tanto, aparece el interés de evaluar nuevas opciones para mejorar el desempeño de la fuerza de ventas, con la esperanza de obtener un aumento en las ventas o una reducción en los costos operacionales, sin perjudicar los resultados comerciales de la compañía.

Para realizar esta evaluación, se utilizó un modelo matemático con el fin de determinar el mix de cajeros a contratar para una tienda piloto, ubicada en Lima. Con esto, se logró evaluar nuevas opciones para establecer el equipo de cajeros, pudiendo reducir los costos de la nómina, y otorgando una mayor flexibilidad para cubrir la demanda.

Con el modelo de optimización, se obtuvieron dos alternativas para conformar el mix de cajeros. La primera alternativa conservó la cantidad y proporción de contratos, y obtuvo un ahorro estimado de \$ 247.571 soles, mientras que al brindarle libertad al modelo para sugerir nuevas cantidades y proporción de contratos, se obtuvo la segunda alternativa, que brinda un ahorro estimado de \$ 263.309 soles.

Finalmente se incluyó un análisis de sensibilidad con respecto a los parámetros utilizados, con el fin de entender de mejor manera los resultados. Para luego poder replicar el modelo a otras tiendas, con mayor libertad.

Agradecimientos

Siempre me ha gustado pensar que llegué a esta universidad por una casualidad, que terminé aquí por cosas de la vida. Recuerdo que tomé la decisión el último día de postulación, en base a una simple corazonada tras un fugaz paseo por varias universidades junto a mi hermana, y pesé a lo fugaz, hoy miro hacia atrás y estoy seguro de que fue la mejor decisión que pude tomar.

Estos últimos seis años fueron súper intensos y a ratos bastante amargos, no tanto por el desafío académico que representa la universidad, sino más bien por los caprichos que la vida ha traído consigo. Sin embargo, sería un malagradecido si no contara también, todos los grandes momentos y las personas que han estado ahí para compartirlos.

Quiero agradecer primero a las personas que han estado ahí desde siempre; mi papá quien me enseñó a hacer siempre lo que a uno lo hace feliz; a mi mamá, quien me enseñó a luchar siempre; a mis hermanos Felipe y Ximena, por tener siempre una palabra de apoyo o un consejo; a la nanita, por su cariño, paciencia e incondicionalidad.

Quiero agradecer también, a los amigos que han ido llegando con la vida, a Karim, mi primer gran amigo; a los amigos que conocí en industrias, Martin, Joaquín, Josefa, con quienes compartí la mayor parte del tiempo y se encargaron de alegrarme y retarme cuando hizo falta; al Nacho, Chino, Javi, Javier, Gonzu y Tomy, que fueron mis primeros amigos de la u; a la Ale, por tanto apañe y risas; a la gente de Tutoría, quienes me albergaron tantas tardes de ocio; a Belén, por las risas; a la Vale por sus piropos, y a todas esas personas que por momentos hicieron la vida universitaria un poco mejor.

Agradezco también a los profes que me dieron la oportunidad de trabajar con ellos, ya que crecí y disfruté mucho como profesor auxiliar, ayudante o en alguno que otro proyecto. Mención especial a mis compañeros de equipo docente, con quienes siempre se podía compartir risas y trabajo.

Le doy gracias también a mis compañeros de trabajo en SCM, con quienes he compartido durante los últimos dos años, gracias por la confianza en realizar este trabajo junto a Oechsle y por el apoyo en los momentos de dudas e incertidumbre.

Finalmente, quiero agradecer de manera especial a Emilia, mi hija, quien lleva mostrándome por más de siete años, el lado más lindo de la vida. Gracias por hacer que cualquier mal rato se vaya lejos con un abrazo, gracias por aguantar mi mal genio durante este último tiempo y gracias por motivarme siempre a echarle un poquito más de ganas.

Tabla de Contenido

Capítulo 1 Introducción	8
Capítulo 2 Antecedentes Generales.....	11
2.1. Aspectos Generales de Oechsle.....	11
2.2. El Mercado.....	12
2.3. El Desempeño de la compañía	15
Capítulo 3 Antecedentes del Problema	18
3.1. La Tienda	18
3.2. Condiciones laborales.....	18
3.3. Los trabajadores y los tipos de contrato.....	19
Capítulo 4 Planteamiento del Problema	21
4.1. Indicadores a evaluar.....	24
4.2. Justificación de la relevancia del Problema	26
Capítulo 5 Objetivo General y Específicos	28
Capítulo 6 Marco Teórico	30
Capítulo 7 Metodología de Trabajo	34
7.1. Análisis del problema	34
7.2. Análisis de la información	34
7.3. Revisión bibliográfica	34
7.4. Creación del modelo	34
7.5. Implementación computacional.....	35
7.6. Análisis de resultados	35
7.7. Análisis de sensibilidad	35
Capítulo 8 Análisis de la Información	36
8.1. Análisis de la demanda presupuestada	36
8.2. Información Transaccional	40
Capítulo 9 Modelo Matemático.....	42
9.1. Información preliminar sobre los tipos de contrato existentes.....	42
9.2. Conjuntos.....	43
9.3. Parámetros.....	45
9.3.1. Parámetros asociados a la demanda de la tienda	45
9.3.2. Parámetros correspondientes a los costos directos asociados a los trabajadores,	

en los que incurre la compañía	45
9.3.3. Parámetros determinados en los contratos, asociados a las características y estructura de las jornadas laborales, que permiten que estas cumplan con la ley..	45
9.3.4. Parámetros asociados a los costos potenciales o ficticios, propios de no calzar con exactitud la oferta y la demanda por horas hombre de personal de cajas.	46
9.4. Variables del modelo.....	47
9.4.1. Variables de decisión explícitas	47
9.4.2. Variables de estado.....	47
9.5. Función objetivo	49
9.6. Restricciones.....	50
9.6.1. Naturaleza de las variables	50
9.6.2. Definición de variables de estado.....	51
9.6.3. Restricciones de funcionamiento	53
9.6.4. Restricciones por condiciones laborales	54
9.6.4.1. Restricciones de flujo con 1 egreso:.....	54
9.6.4.2. Restricciones de flujo con 2 egresos:.....	55
9.6.4.3. Restricciones de flujo con 3 egresos:.....	55
9.6.5. Restricciones asociadas a los horarios de descanso/refrigerio	59
9.6.6. Restricciones asociadas a las horas extras y su compensación.....	61
Capítulo 10 Principales Resultados.....	63
10.1. Situación original real (resultados en base solo a información)	63
10.2. Staff original optimizado (resultados en base a planificación optimizada)	65
10.3. Dotación óptima	66
10.4. Cobertura de la demanda	67
10.5. Creación de horarios.....	71
10.5.1. Caso 1: Jornada full time	71
10.4.2. Caso 2: Jornada part time	72
10.4.3. Caso 3: Jornada full time con horas extra	73
10.4.4. Caso 4: Jornada full time con compensación de horas	73
10.6. Beneficios estimados	74
Capítulo 11 Análisis de Sensibilidad	76
11.1. Pre análisis de sensibilidad.....	76
11.2. Ajuste en el costo de subdotación.....	77
11.2.1. CTOUNDER disminuido en 10%.....	77

11.2.2. CTOUNDER disminuido en 20%.....	78
11.3. Ajuste en la demanda	79
11.4. Aumento en los salarios de un 10%.....	80
11.5. Regulación en las horas extra.....	81
11.5.1. Mix original sin horas extra	81
11.5.2. Mix óptimo sin horas extra.....	82
11.5.3. Mix original con 50% de horas extra aceptadas.....	82
11.5.4. Mix óptimo con 50% de horas extra aceptadas	83
Capítulo 12 Conclusiones.....	85
12.1. Conclusiones generales.....	85
12.2. Conclusiones en base a los resultados	85
12.3. Conclusiones en base a los objetivos	86
Capítulo 13 Recomendaciones para Trabajos Futuros	88
Bibliografía	90
Anexo 1: Resumen resultados estimados para cada escenario (en soles)	92

Índice de Tablas

Tabla 1: Tiendas Oechsle y su ubicación	12
Tabla 2: Resumen información transaccional de la compañía durante el año 2016	41
Tabla 3: Diagrama de cumplimiento de restricciones de flujo	55
Tabla 4: Diagrama de cumplimiento de restricciones de flujo	56
Tabla 5: Creación manual de horarios full time para un día cualquiera.....	71
Tabla 6: Creación manual de horarios part time para un día	72
Tabla 7: Creación manual de horarios full time para un día con horas extra	73
Tabla 8: Creación manual de horarios full time para un día con compensación de horas	73
Tabla 9: Comparación de ahorros estimados (todas las cifras están en soles)	74
Tabla 10: Ahorros estimados en relación a la situación original.....	75
Tabla 11: Correlación entre variables y parámetros para análisis de sensibilidad	76
Tabla 12: Cuadro resumen de variabilidad de costos en función de los distintos escenarios estudiados	84

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Desglose de horas laborales no cubiertas	10
Ilustración 2: Comparación porcentaje de tiempo con subdotación y con sobredotación	10
Ilustración 3: Evolución del total de ventas anual de las tiendas por departamento en Perú	13
Ilustración 4: Número de tiendas activas en Perú a fines de 2016	14
Ilustración 5: Número de tiendas activas hasta 2017	14
Ilustración 6: Participación de mercado de Oechsle durante los últimos años	16
Ilustración 7: Promedio mensual de las horas laborales presupuestadas por hora (Se utilizará como demanda por atención de cajeros)	36
Ilustración 8: Variabilidad y magnitud de la demanda por horas laborales en cada hora, para cada mes del año 2016	37
Ilustración 9: Promedio diario de horas laborales requeridas para cada día del periodo estudiado.....	38
Ilustración 10: Demanda promedio (medida en horas laborales) según los distintos momentos del día.....	39
Ilustración 11: Dispersión de la demanda acotada por el mínimo de operación, para cada bloque horario	40
Ilustración 12: Cobertura de la demanda para el día número 120 del periodo analizado	68
Ilustración 13: Sobredotación y subdotación para cada día del año 2016	69
Ilustración 14: Cobertura de la demanda semana a semana	70
Ilustración 15: Ahorro estimados para los escenarios estudiados.....	74

Capítulo 1

Introducción

En pocas palabras, el retail se puede definir como el sector económico donde las organizaciones se dedican a la venta al detalle o de forma masiva, de productos y/o servicios, directamente a sus consumidores, sin ser necesariamente, productoras de estos. En el mercado se pueden encontrar distintos tipos de empresas dedicadas al retail, las cuales, con un filtro más fino, se pueden clasificar entre otros en: supermercados, farmacias, tiendas de especialidad, retail financiero o tiendas por departamento (en las cuales se enfocará este trabajo).

Las tiendas por departamento, también llamadas grandes almacenes, se caracterizan por cubrir una amplia variedad de necesidades, a través de la inclusión de espacios separados y dedicados a cada una de estas necesidades, donde se puede encontrar, electrónica, línea blanca, vestuario, menaje, y más.

Volviendo al tema del retail, es importante notar que, con el pasar de los años, específicamente en las últimas décadas, el retail ha tomado gran relevancia en el mercado, a través de sus distintos formatos. Esta situación se debe en gran medida a los esfuerzos de las empresas por innovar en las características de su servicio [1], procurando así, la satisfacción de las necesidades de sus clientes y mejorando la calidad de la experiencia de compra de estos, enfocándose sobre todo, en el proceso de venta de los productos y servicios. Ejemplos de las innovaciones que han potenciado esta actividad son, inversión en activos tecnológicos, adopción de sistemas crediticios, clubes de fidelización, por nombrar algunos.

Sin embargo, este crecimiento del sector económico ha generado también la aparición de nuevos actores en el mercado, lo que a su vez se traduce en un nivel de competencia más riguroso. Es ahí donde comienza a tomar gran importancia la gestión sobre los recursos, para maximizar el rendimiento de cada una de las inversiones realizadas por las empresas, ya que cada agente debe potenciar al máximo sus condiciones para transformarlas en una ventaja competitiva.

Los puntos anteriores, convergen en estudiar la transformación del equipo humano de las empresas en una ventaja competitiva [2]. En el caso específico del retail y las tiendas por departamento, se tiene que los trabajadores de la fuerza de ventas son un recurso clave, ya que son la primera línea de cara al cliente. Es por esto que la correcta gestión del personal de ventas puede ser la clave para lograr resultados sobresalientes en el mercado.

En particular en este trabajo de título se abordará este tema desde un punto de vista más bien cuantitativo, donde se modelará el problema asociado a optimizar el calce entre la oferta y la demanda de horas laborales, en el proceso de venta, para reducir así,

la cantidad de clientes que no encuentran personal disponible para una atención expedita o la cantidad de horas en que el personal de ventas se encuentra ocioso (se entenderá como ocioso al personal de ventas que está en horario de trabajo, pero sin oportunidad de generar beneficios para la compañía, producto de una cantidad de clientes insuficiente).

Para la realización de este trabajo, se trabajará junto a Oechsle, que es la principal cadena de tiendas departamentales de Perú, y el tercer agente más grande de su mercado. En particular, se tomará una de las tiendas de Oechsle ubicada en Lima, de la cual, se estudiará la información disponible y tras esto se elaborará un modelo de programación lineal para encontrar el tamaño y estructura (en materia de contratos) óptimos del equipo de cajeros, quienes son los encargados de concretar el proceso de venta. El trabajo realizado en dicha tienda, servirá de piloto para la toma de decisiones de toda la cadena, por lo cual, es importante que la solución entregada se pueda replicar para las otras tiendas de Oechsle.

Como se mencionó anteriormente, el equipo de cajeros representa la primera línea de la compañía de cara a sus clientes, es por esto que, se debe considerar su relevancia en este estudio, ya que, son ellos los encargados de concretar las transacciones de los clientes, al cierre del proceso de venta, el cual por lo general suele ser auto asistido, salvo en ciertos casos, donde el cliente busca ayuda previa con un asesor comercial (el asesor comercial es el encargado de ayudar en la decisión de compra a los clientes que presentan dudas sobre los productos), sin embargo, estos casos son una porción minoritaria del total de casos, y por tanto, no serán el foco de este trabajo.

Hasta el momento, las decisiones sobre el tamaño y configuración de la fuerza de ventas se han tomado de forma simple, en base a las apreciaciones de los encargados de estas tareas, basadas en su experiencia y algunos análisis gruesos, pero sin utilizar herramientas matemáticas más complejas.

Si se considera este último punto sobre la forma en que se construye la nómina de trabajadores, y se agrega que el comportamiento de los trabajadores a veces tiende a ser poco predecible en cuanto a su asistencia (en este punto se hace referencia a los atrasos, salidas tempranas o ausencias, que podrían ser avisadas previamente o no, además de posibles licencias médicas y otras justificaciones de carácter personal), se puede apreciar que existe una gran oportunidad para potenciar la atención del público, reduciendo la brecha entre horas laborales que ofrece la compañía, y las que se requieren para atender a los clientes. Esta oportunidad de mejora ha generado la intención por parte de la gerencia de la empresa, de hacerse cargo de esta situación, pues presumiblemente existe una pérdida de ventas debido a la escasez de cajeros durante ciertos periodos, según se informó al inicio de este trabajo.

Para abordar esta situación numéricamente, se cruzó la información de la tienda piloto de la compañía, sobre las horas hombre reales (obtenidas de sus sistemas de control de asistencia) con las horas hombre planificadas (a través de Kronos Scheduler & Forecasting, un software de planificación de horarios con que cuenta la compañía desde hace unos años) , tras lo cual, se puede concluir en primer lugar, que la

inasistencia efectiva, es decir la que no pudo cubrirse ya sea por falta de personal disponible o por la poca anticipación con que se avisó, bordea el 5% (medida en tiempo de trabajo), considerando también las ocasiones en que los trabajadores llegan tarde o se retiran temprano.

La información permite ver también, que la diferencia entre las horas hombre planificadas y las horas reales, bordea un 18% del tiempo, porcentaje al cual se le puede restar el 5% de inasistencia obtenido, para concluir que existe un 13% de tiempo, en que la dotación de personal y su estructura, no permitió cubrir efectivamente la demanda, por tanto se podría hablar de un 13% del tiempo con subdotación de personal debido a su configuración.

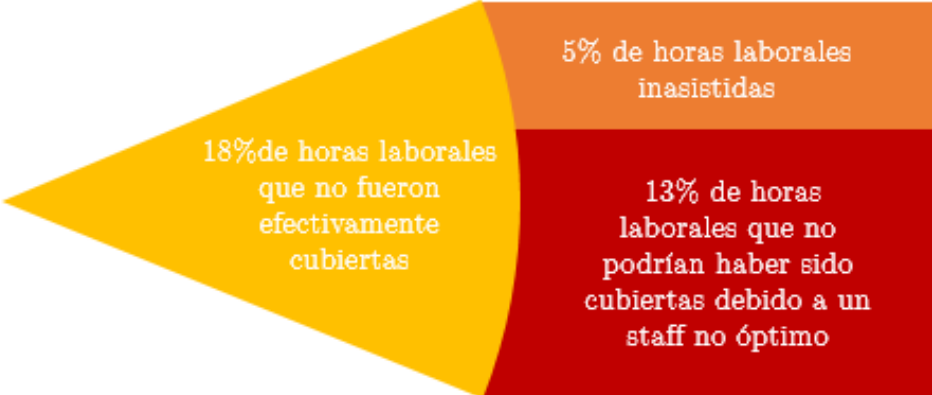


Ilustración 1: Desglose de horas laborales no cubiertas
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos entregados por la compañía

Por otra parte, la misma configuración provocó que un 10% del tiempo, la tienda contara con más personal trabajando del que debió haber habido en aquel periodo de tiempo. Esto podría significar que para dicha tienda el personal era mayor del necesario y/o que la estructura disponible era demasiado rígida.

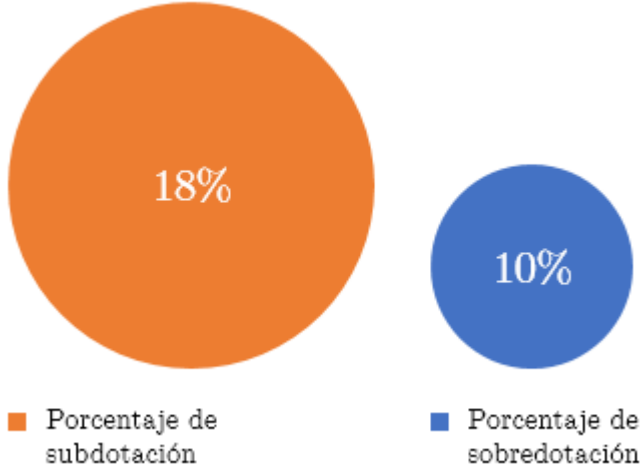


Ilustración 2: Comparación porcentaje de tiempo con subdotación y con sobredotación
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos entregados por la compañía

Capítulo 2

Antecedentes Generales

2.1. Aspectos Generales de Oechsle

Oechsle nació a fines del siglo XIX bajo el nombre de Casa Oechsle, y se dedicaba principalmente a la comercialización de productos importados de Europa. Gracias a esta actividad ganó fama a nivel país, destacando por la calidad y exclusividad de sus productos. Durante todo el siglo XX la firma diversificó sus productos pero conservó la misma línea, ligada a la moda, que la caracterizó en sus inicios.

No solo diversificó sus productos, sino que también su presencia en Perú, con la apertura de múltiples tiendas, distribuidas en los distritos de la capital. Sin embargo, tras una crisis económica que afectó al país, la firma se declaró en quiebra, cerrando sus locales y dando fin a su actividad. A pesar de esto, la marca Oechsle era tan fuerte en la mente de los consumidores, que fue adquirida por el holding Intercorp y tuvo una oportunidad de volver a la actividad en 2009, siendo la marca que representa a Tiendas Peruanas S.A. de cara al público, siendo la tienda por departamentos del holding al que pertenece.

Desde entonces, Oechsle se erige como la mayor tienda por departamentos propia del país. Dentro de sus declaraciones estratégicas empresariales, se ve que presenta públicamente su misión y visión, que son las siguientes:

- Misión: *“Ayudar a nuestros clientes a verse y sentirse bien”*
- Visión: *“Ser la compañía más admirada y preferida del Perú por su experiencia de compra”*

Adicionalmente presentan explícitamente sus valores; pasión por sus clientes, respeto, divertirse, orientación al logro e innovación. Con los cuales procuran cumplir con su compromiso con el desarrollo y bienestar de las familias peruanas.

La actividad de Oechsle, como se mencionó anteriormente, es la comercialización de productos de un abanico de categorías, donde se pueden encontrar las líneas de *Tecnología, Electrohogar, Decohogar, Muebles, Dormitorio, Deportes, Infantil, Calzado y Belleza y Accesorios*. Esta comercialización se realiza directo a sus consumidores finales de forma al detalle en sus tiendas y canales electrónicos, como también se realizan ventas corporativas, donde se ofrecen promociones especiales y servicios de personalización de productos.

Actualmente Oechsle cuenta con 22 tiendas físicas repartidas por todo el país, con una mayor concentración en Lima, más un canal de ventas online a través de su sitio web. A continuación se incluye un listado con las tiendas vigentes de la compañía:

Tienda	Provincia
Centro Cívico	Lima
Jirón de la Unión	Lima
Primavera	Lima
San Juan de Miraflores	Lima
Lima Norte	Lima
San Borja	Lima
Barranca	Lima
Jockey Plaza	Lima
Salaverry	Lima
Parque Kennedy	Lima
La Curva	Lima
Huancayo	Junín
Trujillo	La Libertad
Juliaca	Juliaca
Ica	Ica
Arequipa	Arequipa
Huánuco	Huánuco
Piura	Piura
Cusco	Cusco
Chiclayo	Lambayeque
Cajamarca	Cajamarca
Pucallpa	Ucayali

Tabla 1: Tiendas Oechsle y su ubicación
Fuente: www.oechsle.pe/nuestros-locales, 17/10/2017

Actualmente Oechsle cuenta con cerca de 3.500 trabajadores, afiliados bajo las modalidades full time, part time y peak time, que consisten en trabajar a horario completo de 48 horas semanales en las modalidades 6x1 y 5x2, horas reducidas con turnos libres y exclusivamente en periodos de demanda explosiva (como por ejemplo navidad) respectivamente. Más adelante se describirán en detalle estas jornadas.

2.2. El Mercado

Con respecto al mercado en el que se encuentra Oechsle, se puede destacar que tiene cuatro grandes actores, que se llevan prácticamente la totalidad del mercado. La norma común entre estos participantes, es que son el brazo de “tiendas por departamento” de un holding corporativo, sin embargo, Oechsle es el único de procedencia local y mantiene una porción menor a un sexto del mercado, alcanzando ventas aproximadas a \$1.000 millones de soles durante el año 2016 (\$305 millones USD aproximadamente), mientras que el total de ventas del mercado bordearon los \$6.000 millones de soles (\$1.800 millones USD). Las otras compañías con quienes comparte el mercado son Saga Falabella, Ripley y Paris, siendo las dos primeras los principales líderes del mercado, y quedando el último de estos, bastante más rezagado.

Respecto a los proveedores, aquí si se encuentra una diferencia notable entre Oechsle y la competencia, ya que el competidor local, dada la cultura del país, tiene proveedores locales para la fabricación de algunos de sus productos de marcas propias, lo que hasta ahora no ha funcionado como esperaba la firma, ya que por parte de los clientes, sus productos fueron percibidos en un escalón más bajo de calidad, con respecto a los productos internacionales de su competencia.

Por otra parte, si bien el mercado ha venido creciendo durante los últimos años, esto se ha detenido debido a movimientos macro económicos del país y los desastres naturales y climáticos que han tomado lugar durante el último tiempo [3]. Ante esto, el mercado ha frenado su crecimiento, pero Oechsle ha seguido firme en su plan de creación de nuevas tiendas e innovación, en busca de acortar favorablemente la brecha que tiene con respecto a sus competidores y logrando capturar año a año una porción más significativa del mercado.

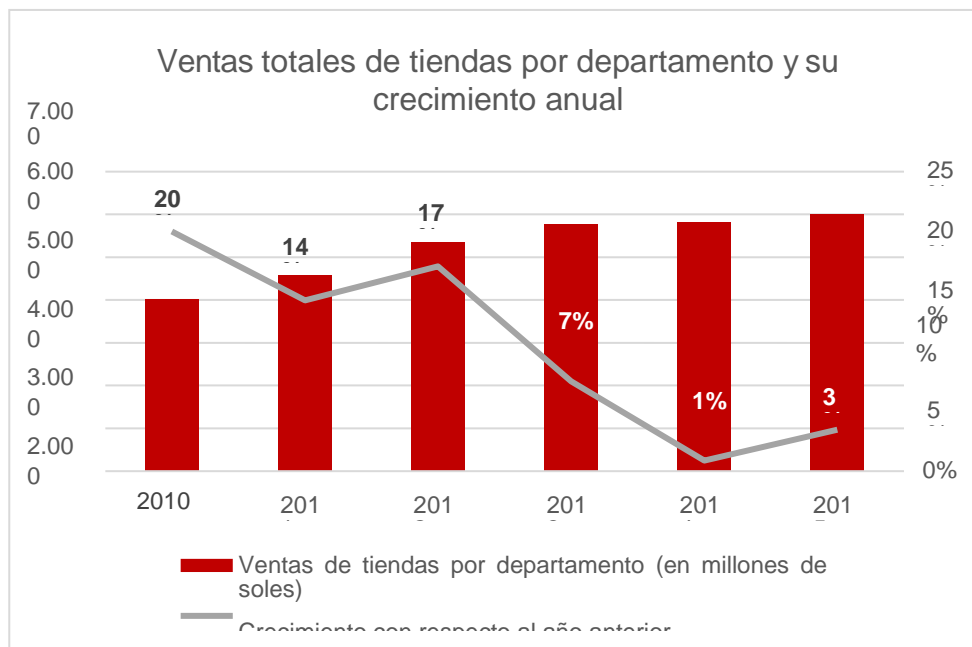


Ilustración 3: Evolución del total de ventas anual de las tiendas por departamento en Perú Fuente: elaboración propia en base a información del sitio gestion.pe (gestion.pe es uno de los medios más importantes de Perú en materia de economía y negocios)

A continuación se incluye también un gráfico con la cantidad de tiendas por departamento activas de los cuatro principales agentes de este mercado en Perú, se incluye además el total de tiendas activas.

El gráfico anterior muestra la cantidad de locales activos de Oechsle y sus competidores desde el año 2012 hasta fines de 2016. Las principales conclusiones que se desprenden de la imagen son el crecimiento sostenido de todos los competidores y la disminución de la brecha entre ellos.

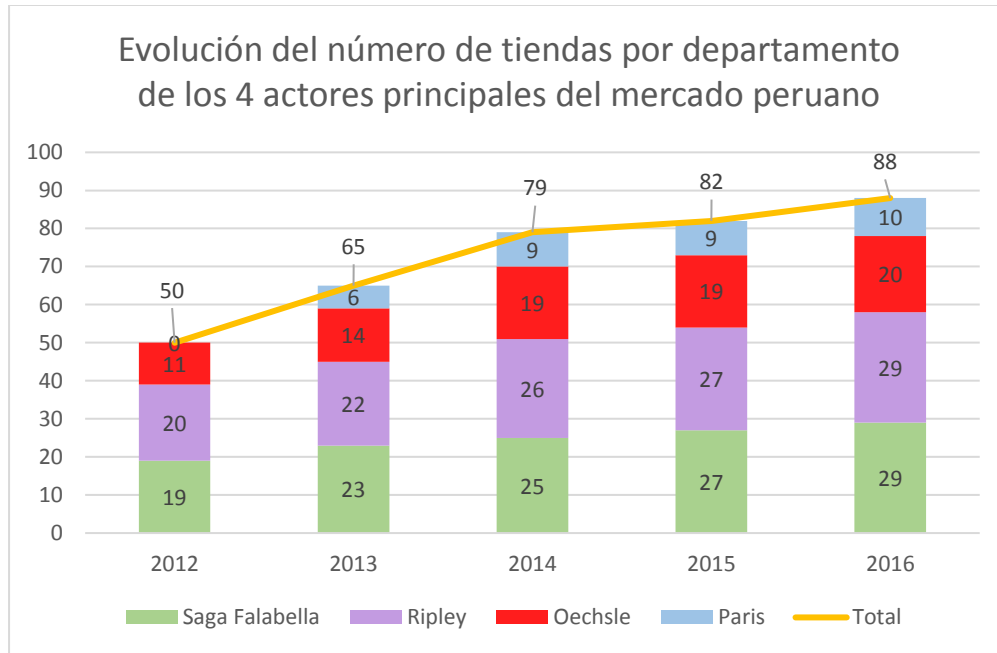


Ilustración 4: Número de tiendas activas en Perú a fines de 2016
 Fuente: Informe Anual Saga Falabella 2016 [4]

Esto es, si bien la aparición de París en el mercado peruano es bastante reciente, ha mostrado una apuesta fuerte, abriendo 10 locales en tan solo 5 años. Sin embargo la diferencia con Oechsle sigue siendo importante, ya que Oechsle ha abierto la misma cantidad de tiendas y ya contaba con una cantidad similar cuando París no figuraba. Pero Oechsle también está lejos de liderar este indicador, puesto que Ripley y Saga Falabella, han abierto casi igual cantidad de tiendas que los otros dos competidores, y contaban con una base aún más sólida hace 5 años, de casi 20 tiendas cada uno.

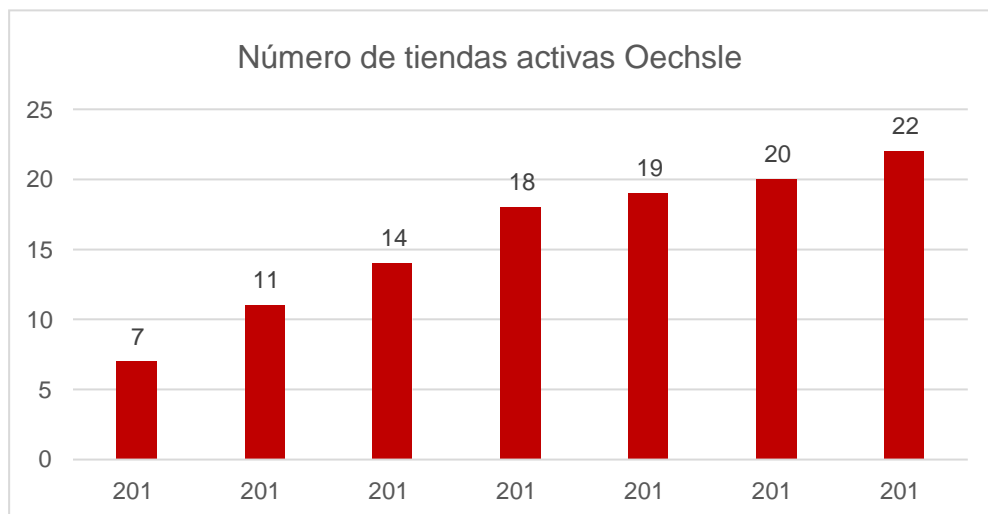


Ilustración 5: Número de tiendas activas hasta 2017
 Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por la compañía

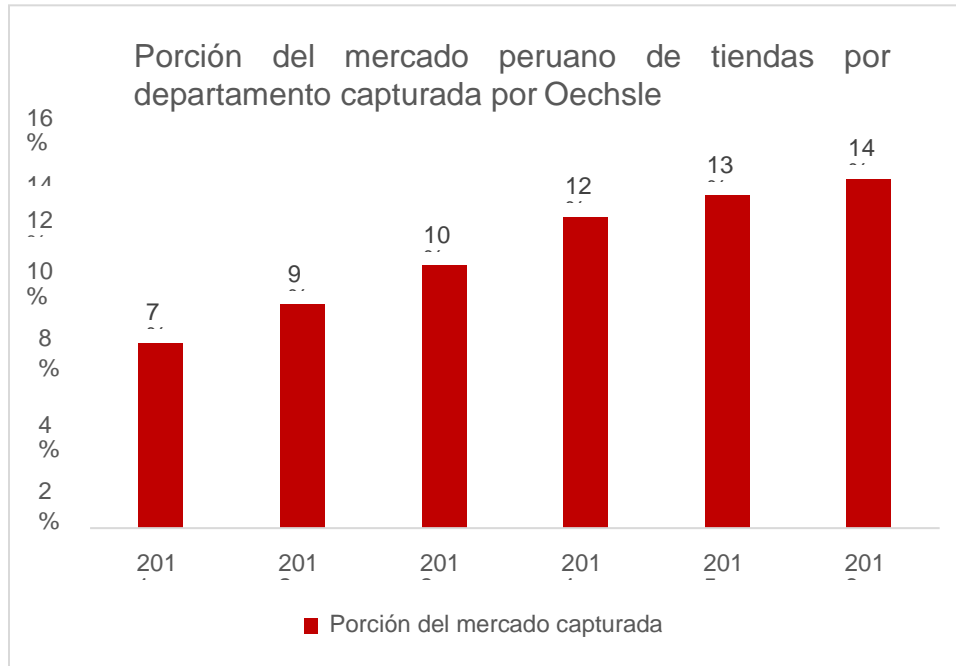
Este gráfico (ilustración 5) en cambio muestra la cantidad de tiendas físicas solo de Oechsle, detalladamente año a año desde 2011, incluyendo las tiendas abiertas en lo que va del año 2017 y permite ver que la cadena ha seguido creciendo de forma sostenida en cuanto a número de tiendas, apostando a volverse más competitivo para el mercado.

2.3. El Desempeño de la compañía

Tal como se mencionó anteriormente, la marca nació a fines del siglo XIX y tuvo un desempeño bastante prometedor, que de hecho se propagó por casi cien años, hasta que la crisis económica de Perú [5], sumada a episodios de terrorismo, provocó que la compañía se declarara en quiebra. Sin embargo la marca logró posicionarse en la mente de las personas, por lo que el holding Intercorp, se propuso aprovechar este posicionamiento y apostó a reutilizar la marca para que representará al conglomerado en el mercado de las tiendas por departamento.

Esta apuesta de reapertura de Oechsle, incluía una nueva estrategia comercial para poder insertar la marca en un mercado que había cambiado bastante en los últimos 20 años en que la marca estuvo fuera del mercado. Esta nueva apuesta de reapertura, ha significado por años, resultados operacionales negativos, que se deben principalmente a los costos de posicionamiento en los que ha incurrido la compañía, y también al aumento en los costos operacionales debido a la apertura de nuevas tiendas, costos operacionales, que significaron entre 2011 y 2014, una pérdida acumulada por \$166 millones de soles, concentrándose más de la mitad de estas (\$84 millones de soles) durante el año 2014, cantidad que triplica las pérdidas obtenidas durante 2011, que alcanzaron \$26 millones de soles [6].

Esta pérdida acumulada durante años, solo fue detenida durante el año 2016 donde la tienda se volvió rentable, pero aún tiene una gran deuda por cubrir y un largo camino por posicionarse como líder del mercado, ya que, aunque ha crecido anualmente en ventas y su porción del mercado ha ido en aumento, aún existe una diferencia importante entre Oechsle y sus competidores más importantes.



*Ilustración 6: Participación de mercado de Oechsle durante los últimos años
Fuente: Elaboración propia a partir de información del sitio semanaeconomica.com
(semanaeconomica.com es otro de los medios más reconocidos de Perú en cuando a materia de negocios)*

Es importante recalcar que esta apertura de nuevas tiendas, es parte de un plan estratégico del holding (ver referencia [6]) donde varias cadenas han aumentado sus plazas con el objetivo de capturar una mayor proporción en sus respectivos mercados, a costa de los respectivos aumentos en pasivos y costos.

Otro aspecto fundamental para el aumento de las plazas de Oechsle, es su condición de local (a diferencia de sus principales competidores, pertenecientes a algún holding con presencia internacional en Latinoamérica, estando algunos en hasta 6 países [7]). Este alcance menor, es decir solo en Perú, le da a la competencia una ventaja gracias a las economías de escala [8], ya que por ejemplo los esfuerzos de inversión en publicidad, se pueden aprovechar de mejor manera al tener un mayor alcance. Así es como Ripley ha contado con rostros de la talla de Cindy Crawford o Sarah Jessica Parker, y Falabella ha contado con el rostro de Valeria Mazza y Gisele Bundchen para su publicidad, dichas figuras de reconocimiento internacional, permiten utilizar sus recursos y material publicitario en varios países, repartiendo así el gasto incurrido.

Si bien esta desventaja debida al alcance de la compañía se ha intentado reducir con la apertura de nuevas tiendas (explicada anteriormente), existen otros aspectos que merman los resultados de la compañía, entre los que destacan principalmente los gastos de ventas, ya que si bien las ventas (en unidad monetaria de Perú, S/.) son 2,8 veces las ventas de hace 5 años, el tamaño de la fuerza de ventas ha pasado de cerca de 1.000 colaboradores, a más de 3.500, por tanto, el costo de este ítem debería haber crecido en una proporción similar (3,5 veces), lo que supera la tasa de crecimiento de las ventas.

Aunque esto último no se sabe con certeza. Lo que sí se sabe, es que durante los tres últimos años, los gastos de venta han significado casi un 30% de los ingresos de la compañía [9], dejando así un espacio de mejora a considerar, para mejorar los márgenes operativos de la compañía, más aún cuando el crecimiento en número de tiendas y cantidad de colaboradores, es una variable sostenida en el tiempo.

Capítulo 3

Antecedentes del Problema

En este capítulo se comenzará a desarrollar la problemática enfrentada en este trabajo, para que se logre un mejor entendimiento del desarrollo posterior.

3.1. La Tienda

La tienda seleccionada para la elaboración del modelo, cuenta con tres pisos, en los cuales se distribuyen los distintos departamentos de Oechsle. Todos los pisos comparten un horario continuo de funcionamiento que va desde las 10:00 hasta las 23:00 horas, es decir funciona un total de 13 horas diarias. Por lo general la tienda abre todos los días del año, y para la realización del trabajo fueron considerados los últimos 363 días del año 2016, incluyendo los fines de semana y festividades (se dejaron los primeros días del año fuera del análisis, ya que no se contaba con la data necesaria). Siempre que la tienda esté en horario de operación, se debe contar con una cantidad mínima de trabajadores en ciertos puestos clave, como lo son los cajeros, en los cuales se centra este trabajo.

Dichas 13 horas diarias de funcionamiento están representadas por un bloque horario de duración igual a una hora, la cual será la unidad mínima o más detallada en la que se generaran las jornadas laborales, esta partición del tiempo aplica para todas las partes de la jornada laboral, ya sean horas de jornada regular, descansos, horas extra y compensadas (es decir que, por ejemplo, las jornadas laborales a considerar pueden durar ocho horas, pero no ocho horas y media, análogamente, se pueden realizar dos horas extra, pero no dos horas y media).

La división de cada día en intervalos horarios representa la dimensión temporal del problema, esta dimensión abordará todo un año de análisis por petición de la empresa, ya que ellos planean determinar el staff de trabajadores para el año completo. Es importante mencionar que esta definición no es azarosa, ya que si bien se pueden definir periodos de contratación más cortos, se debe considerar que anualmente se deben cumplir ciertas condiciones para los trabajadores que se explicaran más adelante.

3.2. Condiciones laborales

Tal como se describió anteriormente, la tienda en particular que forma parte de este trabajo, funciona abierta al público durante trece horas al día de forma continua, algunos puestos de trabajo consideran más horas de funcionamiento, pero dichos puestos no forman parte de este trabajo.

El puesto de trabajo en que se centra este análisis, es el de cajeros, los cuales deben estar presentes en todo momento, ya que su presencia es un requerimiento obligatorio para que se pueda concretar la atención de clientes de forma satisfactoria. Es

importante tener en consideración que, dado que la tienda tiene tres pisos, deben ser tres los cajeros trabajando en todo momento, puesto que no se permite la movilidad entre pisos durante una jornada laboral.

En el punto anterior, referido a la tienda, se enunciaron ciertas condiciones laborales (que son un punto importante para considerar un análisis anual), las cuales se deben cumplir de forma imperiosa, para no caer en un funcionamiento fuera de la norma. Se por ejemplo entre estas condiciones, la asignación de vacaciones, que debe darse para todos los trabajadores que hayan cumplido al menos un año de trabajo en la empresa, y de forma proporcional para los demás. En caso de realizar la planificación del staff de trabajadores para periodos más cortos, no se podría integrar esta componente en el análisis.

Otra condición que debe cumplirse, es la compensación de horas adicionales trabajadas, que puede realizarse de forma monetaria, o en horas libres para el trabajador. Esta compensación puede realizarse a más tardar en el mes siguiente en que se realizaron las horas adicionales, pero su retribución no puede quedar pendiente al terminar el año. Por tanto, parcializar el análisis dentro del año, puede generar decisiones no óptimas en la solución.

Adicionalmente a las condiciones mencionadas más arriba, se tienen las características propias de las jornadas laborales regulares. Estas jornadas actualmente se calendarizan de forma anticipada a través de un software de creación de horarios (Kronos Scheduler & Forecasting), el cual permite la creación de horarios en base las normas legales, condiciones contractuales y la previsión de la demanda, para todos los trabajadores incluidos en la nómina, sin tomar en cuenta si esta nómina es la indicada o no, para los niveles de demanda previstos.

3.3. Los trabajadores y los tipos de contrato

Con respecto a la fuerza laboral, que es la otra dimensión donde se presenta el problema, el personal a considerar en el desarrollo de la solución posee características específicas, y no comparte roles con otro tipo de trabajadores (como asesores comerciales o reponedores). Los trabajadores en el puesto de cajeros, trabajan en distintas modalidades o tipo de contrato, mientras por un lado se tiene el personal full time, por el otro se encuentran los trabajadores de tipo part time, cuyas caracterizaciones descritas en forma detallada más adelante.

- Personal full time: Estos trabajadores realizan jornadas semanales de trabajo de hasta 48 horas ordinarias (en la práctica se le pueden asignar menos horas laborales, pero no tiene sentido puesto que en su contrato se contempla dicho total semanal de horas). Pueden trabajar más horas a la semana, sin embargo, estas deben ser consideradas como horas extra, las cuales tienen un sobrecargo monetario y por tanto son más costosas para la empresa, que una hora laboral regular. Las jornadas laborales de estos trabajadores contemplan un número concreto de horas diarias, en función de los días que trabaja durante la semana. Mientras que algunos de los trabajadores del formato full time trabajan 8 horas durante 6 días de la semana, existen algunos que trabajan

10 o 9 horas durante 5 días de la semana.

Con respecto a la realización de horas extras, estas son siempre propuestas por la empresa, y luego es el trabajador quien las acepta o las rechaza. Aunque según los comentarios recibidos, estas son por lo general aceptadas en su totalidad por el trabajador.

- Personal part time: Caracterizado por trabajar solo 24 horas semanales distribuidas con cierta flexibilidad, que en esta ocasión se entenderá como una cantidad no fija de horas laborales, es decir, cada jornada laboral específica de un trabajador para cierto día, tiene un rango de horas mínimas y máximas consecutivas para que sea válido, pero puede variar de un día a otro. Este tipo de personal no está habilitado para realizar horas extra.

Adicional a esto y transversal a los tipos de contrato, existen otras particularidades que se deben considerar al establecer el tamaño óptimo del staff de cajeros, tal como el horario de descanso (o refrigerio, como se le denomina en Perú), o que existe una cantidad mínima de horas por las que puede ser citado un trabajador. Más adelante se detallará el funcionamiento de este punto.

Dicho lo anterior, debe decirse también que a diferencia de lo que pasa en otros países o empresas, en este caso no existen turnos predefinidos para atender entre cierto intervalo horario. Para ser más explícito, las jornadas laborales de los cajeros de Oechsle (tal como sucede en otros puestos y otras empresas en Perú) pueden comenzar a distintas horas del día, por tanto un trabajador específico puede ser citado para comenzar su jornada laboral a las 10:00, a las 11:00, a las 12:00, o a cualquier hora que le permita completar su jornada dentro del horario de atención de la tienda.

Esto es una particularidad positiva para este trabajo, y para cualquier labor de creación de horarios, ya que no restringe la planificación del staff a un sistema fijo de turnos, sino que la planificación podría realizarse en el minuto y con horarios diferentes para cada trabajador y para cada semana, permitiendo una mejor cobertura de la demanda, en función de los acontecimientos que van ocurriendo.

Con respecto a la creación de los horarios, en el párrafo anterior se indica que los horarios podrían crearse en el minuto y con plena libertad, de forma NO REAL, ya que si bien esto es posible gracias a las herramientas tecnológicas con que cuenta Oechsle, sin embargo por reglamento legal, esta incertidumbre con respecto a los horarios, podría generar imprevistos para los trabajadores y su vida personal. Por lo tanto, los horarios con este grado de flexibilidad, son comunicados a los trabajadores con un mes de anticipación, lo que les permite planificarse con antelación, y brinda la posibilidad de hacer cambios de horarios entre trabajadores según conveniencia, y siempre y cuando el cambio no infrinja la normativa legal.

Capítulo 4

Planteamiento del Problema

Como se describió en el capítulo 2 de este documento, los costos operativos asociados al personal de venta, representan cerca del 30% de los ingresos por venta de la firma, este hecho ha generado interés desde la Gerencia de Productividad y Control de Gestión de Oechsle, según comentó Pablo Zúñiga y Coll, gerente del área mencionada recientemente. Desde dicha gerencia se ha promovido la adopción de varios sistemas tecnológicos de gestión de recursos humanos, para mejorar el control y rendimiento del capital humano.

Dentro de los sistemas tecnológicos referidos en el párrafo anterior, destacan sistemas computaciones y software para el control de asistencia y horas de trabajo, como lo son los relojes biométricos y la suite para control de asistencia Kronos Workforce Timekeeper y el módulo de Scheduler & Forecasting, también de la multinacional Kronos Incorporated, para el pronóstico de las horas hombre requeridas a lo largo del tiempo, y para la programación de horarios [10]. Con estas nuevas tecnologías, la Gerencia de Productividad y Control de Gestión, declara interés por utilizar también la información disponible en sus sistemas, para aplicar herramientas ingenieriles y de datos a la toma de decisiones, con el fin de mejorar sus resultados, a través de la reducción de costos operacionales y/o el aumento de las ventas.

Dada la oportunidad de aprovechar los recursos de información de la compañía asociados a la fuerza de ventas y la información transaccional (transacciones realizadas y monto de los tickets de venta) del P.O.S., que corresponde al sistema que se encarga de registrar las ventas realizadas, se propone la idea de mejorar el match entre oferta y demanda por horas hombre, reduciendo así la cantidad de clientes que no encuentran personal capaz de atenderlos y la cantidad de horas hombre contratadas innecesariamente.

Este problema puede abordarse tanto desde una perspectiva cualitativa como cuantitativa, donde en la primera, el foco debería centrarse en nuevas políticas para mejorar la experiencia de compra de los clientes o nuevas prácticas para mejorar la satisfacción de los trabajadores, con el objetivo de aumentar el grado de compromiso con el servicio.

Mientras que para la segunda perspectiva, el foco ha de estar en el nivel de servicio, el cual podría ser definido de forma cuantitativa, como la fracción de tiempo, en que al llegar un cliente para realizar su compra, este encuentra al menos un trabajador disponible para atenderlo. Mientras al mismo tiempo se procura la disminución de horas hombre ociosas (para efectos de este trabajo, se entenderán como las *horas hombre ociosas* o las *horas laborales ociosas*, como aquellas horas en que un trabajador no tuvo clientes o que estos no fueron suficientes para que este fuese requerido).

Para este trabajo, dada la información con que se cuenta sobre la proporción del tiempo en que existe un descalce entre oferta y demanda de horas hombre, mencionada en la introducción de este documento, se tiene que existe un 18% de demanda que no pudo ser atendida satisfactoriamente, del cual, un 5% fue producto de ausencias por parte de los trabajadores, que no fueron justificadas con la suficiente anticipación para ser cubiertas. Por tanto, existe un 13% de demanda que ni siquiera con plena disposición del personal pudo haber sido cubierta. Este último porcentaje representa el espacio potencial de mejora para la compañía.

Claro está, que para cubrir aquel 13% solo existen dos formas. La primera consiste en aumentar la cantidad de personal contratado (y por tanto el valor de esta nómina), sin embargo, adicional al costo implícito de esta ampliación de personal, habría que considerar que la demanda de horas laboral posee una componente de aleatoriedad, por tanto podría siempre existir una brecha, producto de incrementos de demanda no previstos.

La segunda opción para reducir la brecha entre la demanda y la oferta de horas laborales, consiste en aumentar la flexibilidad de los posibles horarios a crear, cambiando la estructura del mix de trabajadores entre los distintos contratos, ya que, por lo visto en una primera instancia, la incorporación de más trabajadores bajo la modalidad part time, otorga más opciones de horarios. Esto se puede ejemplificar de la siguiente manera:

- Sea un trabajador de modalidad full time, el cual debe trabajar 8 horas durante 6 días de la semana. Por tanto, este trabajador aportará con su trabajo sus respectivas 48 horas laborales. La distribución de estas horas, ha de ser en 6 días, en los cuales el trabajador podría ingresar entre las 10:00 y las 13:00 (ya que de lo contrario, lo alcanzará a cumplir con los horarios de la tienda. Por tanto, existen 4 posibles jornadas laborales por día, las que pueden variar durante 6 días de la semana. Esto genera un total de 4^6 combinaciones, las que se deben multiplicar por 7, considerando que el día libre puede ser cualquiera dentro de la semana. Resumiendo, para una semana cualquiera, y para un trabajador específico se pueden establecer la siguiente cantidad de combinaciones:

$$7 \times 4^6 \approx 2,8 \times 10^4$$

- Análogamente, sean dos trabajadores de modalidad part time (esto tendría el mismo valor nómina que el punto anterior). Por simplicidad se supondrá que estos trabajadores deben distribuir sus 24 horas laborales estrictamente en 6 días (esto no tiene por qué ser así, de hecho podrían trabajar solo 4 días a la semana, pero esta restricción facilita los cálculos de esta estimación), igual que los trabajadores full time. Ya que los trabajadores part time tienen jornadas laborales de menos horas contiguas, para cada uno de los 6 días, tienen 8 posibles horarios de ingreso, por tanto existen 8^6 combinaciones, que deben multiplicarse por 7, debido a que hay

7 posibles días a dejar libres. Hasta el minuto el cálculo es similar al anterior, ya que se están considerando las posibilidades para un solo trabajador.

En este caso, habrá que elevar al cuadrado la cantidad de combinaciones, considerando la interacción de dos trabajadores como se mencionó al inicio de este punto. Por tanto, para cada semana y ambos trabajadores, se tendrá una cantidad de posibles horarios igual a:

$$(7 \times 8^6)^2 \approx 3,3 \times 10^{12}$$

Consolidando ambos puntos, se tiene que, por el valor asociado a un trabajador full time, para un trabajador full time, existen $2,2 \times 10^4$ posibles formas de atender la demanda. Mientras que para la jornada equivalente, para los trabajadores part time se tienen $3,3 \times 10^{12}$ posibles horarios. Aunque en esta estimación se están dejando de lado ciertas restricciones que se deben considerar a la hora de crear horarios (como la asignación de días libres cada cierto tiempo, o que además, se debe considerar a qué hora se le brinda descanso al trabajador durante su jornada laboral), esta diferencia es de ocho ordenes de magnitud.

Por tanto, se cuenta con la posibilidad de reducir la cantidad de demanda insatisfecha, a través de la flexibilización del staff de cajeros, sin aumentar el costo de la nómina, y pudiendo captar de mejor manera, variaciones imprevistas de la demanda. Sin embargo, para ser justos, se debe mencionar que la posibilidad de realizar horas extraordinarias, les da a los trabajadores de la modalidad full time un argumento a favor a la hora de capturar la demanda.

En la vereda opuesta, según la información obtenida desde la empresa, se cuenta con un 10% de horas laborales innecesariamente contratadas. Sin embargo esta aseveración no es real, ya que, cada trabajador debe laborar la cantidad fijada en su contrato, en horarios restringidos según la norma. Por tanto, reducir este porcentaje, al reducir la nómina de trabajadores, podría conllevar a perder ventas, debido a un staff insuficiente. En otras palabras, dado el comportamiento de la demanda, y las restricciones laborales para la creación de turnos, lo más probable es que siempre haya cierto porcentaje de horas laborales ociosas, ya sea por cumplimiento del mínimo de horas a trabajar, o por las características de los turnos programables para los trabajadores.

Todas las cifras y proporciones utilizadas más arriba, corresponden a la tienda que se utilizará como piloto en este trabajo, la cual está ubicada en Lima y representa cerca del 10% de las ventas (en dinero) de toda la compañía. Sin embargo, tanto las condiciones laborales, como la apreciación por parte de la gerencia, de que la cantidad de cajeros contratada (hasta ahora, en base a la pre existencia y ciertas apreciaciones de la demanda futura) no es la adecuada, en función de los resultados que han visto y la percepción de los encargados de las tiendas, hacen que se pueda crear una solución general, que luego se replique para el resto de los puntos de venta de la compañía.

Entonces, dada la naturaleza similar entre las problemáticas de cada una de las tiendas y la percepción de que los drivers (entiéndase como driver, cada uno de los factores que se traducen en los resultados de la compañía, tales como, afluencia de público, tasa de conversión de venta, monto de la venta, margen de operación, etc.) son relativamente comunes. Se plantea la opción de optimizar el tamaño y estructura del equipo de cajeros a contratar para cada tienda, sin embargo, en este trabajo se abordará la creación del modelo de optimización, más los resultados de la aplicación de este en una tienda piloto. Teniendo siempre en mente, que la idea es aplicar posteriormente un estudio similar, para las 21 tiendas restantes y generar así resultados de forma global.

4.1. Indicadores a evaluar

Tras comenzar a presentar la solución en los párrafos anteriores, donde se plantea como solución, la optimización del tamaño del personal de cajas, es necesario presentar también, cuáles son los criterios que permitirán establecer si una solución presenta o no, una mejora con respecto a la situación actual.

A continuación, se presentan los indicadores más relevantes, que permitirán medir el desempeño de la situación actual y de la situación resultante tras los cambios que pueda generar este trabajo, para luego realizar una comparación entre ambas. Los principales indicadores a tener en cuenta son:

- Costo nómina: De forma simple puede representarse como la suma del costo que significa para la empresa contar con un trabajador. Como el análisis se realizará de forma anual, esto significa que se debe considerar el sueldo para los doce meses del año, más las bonificaciones obligatorias, seguros, y otros gastos.

$$\sum N^{\circ} \text{ de trabajadores} \times (\text{salario de cada trabajador} + \text{costos administrativos})$$

Este indicador representa el costo más directo asociado a la fuerza laboral, y para efectos simples, se considerará que al año, cada trabajador significará un costo igual a 16 veces su sueldo mensual (esta apreciación es propia de la compañía).

Considerando que el salario base bordea los **\$1.500** soles para los trabajadores de tiempo completo (full time) y **\$750** soles para los trabajadores de medio tiempo (part time) (\$450 y \$225 USD aprox.), y que debido a costos administrativos y bonificaciones legales se paga unas 16 veces al año. Si el staff de cajeros es en promedio del orden de las 23 trabajadores full time y 7 part time, se tiene que el costo anual por concepto de salarios alcanza los **\$636.000** soles (\$188.000 USD aprox.).

- Periodos de sobredotación: Los periodos de sobredotación, son aquellos en que dado el tamaño y configuración del personal contratado, hubo más gente de la necesaria trabajando en la tienda, es decir por tanto, hubo horas

laborales sin beneficio alguno (pero que por estar contratadas, representan un costo para la compañía). Para obtener este indicador, se consideran todos los intervalos de tiempo del año a evaluar y se cuantifican todos los periodos en que hubo más gente de la necesaria según el pronóstico de demanda, y luego se calcula la proporción entre ellos.

Llevando este concepto a la realidad, durante el periodo de estudio hubo un 10% de sobredotación en la tienda, esto podría significar que existe hasta un 10% de la nómina que se está pagando demás. En base al punto anterior, donde se muestra el valor de la nómina, podría haber hasta **\$63.600** soles (\$18.800 USD), que podrían reducirse del costo de la nómina de trabajadores de dicha tienda.

- **Periodos de subdotación:** Se considerarán periodos de subdotación, todos aquellos periodos, en que la cantidad de cajeros disponibles no fue suficiente para cubrir toda la demanda presupuestada por la compañía. Se calcula de forma análoga a los periodos de sobredotación, salvo que esta vez la proporción de tiempo que interesa, es aquella en que hubo déficit de personal. Este indicador tiene relación con la calidad de servicio ofrecida por la tienda, y se traducirá posteriormente en la pérdida de oportunidades de venta.

En base al primer análisis sobre la subdotación, se registró un 13% de subdotación, por tanto, las ventas podrían aumentar en hasta dicho porcentaje, sin embargo, es posible que para lograr dicho aumento hubiese que aumentar también el costo de la nómina.

Notar que ambos indicadores de descalce entre oferta y demanda de horas hombre, se deben medir en intervalos temporales suficiente acotados para que representen de buena forma la realidad. Sea dicho de otro modo, la demanda debe ser atendida en su correspondiente bloque horario, de lo contrario será entendida como una ocasión de venta perdida. Por lo tanto, cualquier análisis que se haga debe considerar que la agregación de datos no puede ser tan abrupta como para pasar por alto esta condición.

Por otro lado, es importante notar también, que el costo de tener déficit de personal no tiene por qué ser igual que el de tener exceso, de hecho, se espera que cualquier trabajador genere un beneficio mayor para la compañía, que el costo que este significa para la esta. Por lo tanto, el costo asociado a la subdotación debería ser mayor que el costo asociado a la sobredotación.

Estas cifras tienen relación solo con el aporte que podría generar la resolución del problema en una tienda, que aunque relevante por su nivel de ventas con respecto al total de la cadena, no representa más que una proporción del ahorro total que podría lograrse a escalar la solución a las distintas tiendas. Por tanto, el espacio para mejora tiene más alcance aun.

Con respecto a la calidad de servicio, desde un punto de vista más cualitativo, no hubo mucha información que obtener de parte de Oechsle, pero al abordar el punto, se concluyó que lo mejor era plantear como parte de la solución, que el staff de cajeros debería ser ojalá, lo más estático posible, primero para que el personal se encuentre capacitado y bien calificado para brindar un buen servicio, y evitar los costos que los procesos de incorporación significan.

4.2. Justificación de la relevancia del Problema

Como se mencionó en capítulos anteriores de este documento, Oechsle (al igual que sus competidores) han ido creciendo con el tiempo, tanto en ventas como en número de tiendas, lo que sugiere que el mercado de las tiendas por departamento tiene grandes espacios por explotar. Dicho esto, es importante mencionar también que el tamaño del staff de ventas ha crecido a una tasa incluso mayor que el aumento de las ventas, por tanto su rendimiento marginal ha ido decayendo, aunque finalmente, el aumento en las ventas ha sido suficiente para mejorar los resultados finales de la compañía (si se analiza la información de los años posteriores al 2011, se tiene que, mientras las ventas crecieron cerca de un 40%, llegando a \$720 millones de soles, en el mismo tiempo la cantidad de tiendas se triplicó, llegando a 22 locales, y la cantidad de personal creció un 350%, llegando a superar los 3.500 trabajadores, según comentó Oechsle).

Estas últimas cifras si bien son nivel global de la compañía, considerando todos los trabajadores de todas las tiendas más las oficinas administrativas, muestran que la expansión ha sido considerable. Si se desea aterrizar esta información a la tienda que se utilizará como piloto de estudio, se tiene que:

- Como se expuso más arriba, podría haber un ahorro potencial de hasta un 10% de las horas laborales contratadas, lo que significaría un ahorro de \$63.600 soles.
- De mejorar la cobertura de la demanda, habría una reducción de las ventas perdidas en hasta un 13%. Esta reducción de las ventas perdidas, generaría un aumento en las ventas de hasta \$425 mil soles.

Cada uno de estos ítems, corresponden solo a la tienda piloto, y pueden cambiar de tienda en tienda, ya que tienen distintos tamaños y demandas. Por lo tanto el ejercicio de replicar los beneficios no es directo, pero saber que la tienda piloto genera un 10% de las ventas totales de Oechsle, servirá como parámetro de estimación.

El importante crecimiento de personal que se dio en la compañía, se debió principalmente a la apertura de nuevas tiendas. Por lo tanto, si se triplicó la cantidad de trabajadores de la compañía, no significa que se hayan triplicado los trabajadores de cada tienda. Sin embargo, si significa que las decisiones de contratación se han vuelto considerablemente más difíciles.

No solo las decisiones de contratación se han vuelto más difíciles, sino que todas las labores asociadas a la gestión de recursos humanos. Por esta razón es que se ha

invertido en sistemas tecnológicos para llevar a cabo la contabilización de horas laborales, creación de horarios y planificación, pero quedando al debe aún, una solución que ayudara a encontrar la mejor respuesta para la determinación de la nómina de trabajadores.

Dada entonces las características de la problemática y el espacio de mejora global, pero independiente entre las tiendas. Se sugiere la creación de un modelo de optimización para evaluar la dotación de personal de la compañía. Una vez escogida la tienda para estudiar, es necesario escoger también, el puesto que se será objeto del estudio. Como se desea mejorar el rendimiento del personal de ventas, la opción más directa es el equipo de cajeros con que cuenta la tienda escogida.

Este equipo se encarga de cubrir el puesto en caja de la tienda, teniendo que adaptarse según la necesidad del día, a uno de los tres pisos de la tienda, su principal labor es la de atención del público, ejecución de ventas y entrega de productos. Otros puestos asociados a ventas son, asesor comercial, quienes se encargan de atenciones más personalizadas o resolución de atenciones más específicas, y empaques, quienes son solo considerados en épocas de demanda muy alta, para agilizar el proceso de venta ejecutado por los cajeros.

Por tanto, el puesto de cajero tiene la mayor significancia en este estudio, ya que si o si es necesario para la concreción de una venta (de hecho uno de los supuestos importantes de este trabajo es que no contar con personal suficiente hará que se pierda una venta, dado que los clientes no están dispuestos a esperar para ser atendidos), a diferencia de los asesores comerciales, quienes no son requeridos para realizar una venta (de hecho están siendo dejados de lado, debido a que las tiendas por departamento apuestan a un modelo inspirado en el modelo fast fashion de auto atención), o los empaques, quienes son solo requeridos en momentos específicos del año.

Con respecto al modelo fast fashion: consiste en diseñar un proceso de compra más auto asistido (proveniente en primer lugar de los departamentos de moda y es por esto que se denomina como "fast fashion") [11], la aplicación de este modelo tiene el fin de renovar la estrategia comercial, mientras se abaratan los costos operaciones por la reducción de personal. Así el proceso de venta queda idealmente reducido a un cliente que realiza por sí mismo una revisión de los productos en función de sus necesidades, luego se acerca al personal de la tienda con la intención de compra, el personal ofrece algunos extras y cierra o no la transacción. Siendo obviado el asesor comercial, salvo cuando los clientes se acercan sin intención segura de compra, y más con una intención interrogativa.

Capítulo 5

Objetivo General y Específicos

Dados los puntos anteriores, el objetivo general de este trabajo de título es: “Mejorar el rendimiento del personal de ventas de la tiendas por departamentos Oechsle, medido a través del costo de la nómina para atender la demanda con eficacia, a través de una reducción en un 5% de los costos al pago de salarios del staff de cajeros y una disminución de las ventas perdidas asociadas a la no atención de clientes por falta de cajeros en un 50%”. Este objetivo responde a hacer más rentable las tiendas de la cadena, reduciendo sus costos y/o aumentando su calidad de servicio para potenciar el posicionamiento de la marca.

Adicionalmente y en función del punto que se desarrolló más arriba, los objetivos específicos quedan definidos de la siguiente manera:

- Comprender la problemática asociada al staffing de ventas en Oechsle
- Valorizar los costos asociados a ventas perdidas y horas hombre ociosas.
- Desarrollar un modelo matemático que optimice la cantidad de personal de ventas de la tienda.
- Realizar un análisis de sensibilidad en los parámetros para obtener conclusiones importantes que puedan ser útiles en posteriores realizaciones o cambios de escenarios.

Estos objetivos responden de forma específica a ciertas necesidades propias para alcanzar el objetivo general, y hacen referencia principalmente a comprender la problemática para plasmar el problema real en un ambiente matemático y evaluar los aportes de este desarrollo ingenieril.

En esta ocasión se ha dejado de lado el estudio de la demanda (a diferencia de otros trabajos que se han ocupado de esto como un primer paso), por dos razones principalmente. En primer lugar porque la compañía desea ocupar los pronósticos que ellos mismos realizan, y en segundo lugar porque no se tiene la información suficiente para realizar un nuevo pronóstico.

Es entonces como se utilizará a modo de demanda, un dato entregado por Oechsle, el cual indica las horas hombre presupuestadas necesarias para cada uno de los bloques horarios a analizar. Esta información de la compañía es otorgada por Oechsle e incluye los aumentos propios de la estacionalidad y fechas sobresalientes para el negocio.

Para trabajos similares, sería interesante evaluar la veracidad de estos presupuestos de demanda, comparándolos con información real obtenida ex post. Adicionalmente, sería interesante evaluar si los pronósticos de demanda elaborados consideran todo el flujo de potenciales clientes, o solo un conteo de personas que se acercan en busca de atención (esto último no es recomendable, puesto que la cantidad de clientes que llegan a caja, ya viene mermada por lo que el cliente ve antes de siquiera pensar acercarse a una caja).

Capítulo 6

Marco Teórico

Para comprender de mejor forma el trabajo aquí presentado, a continuación se presentan y describen de forma general, los principales tópicos abordados en el trabajo, los cuales son en primer lugar el modelamiento matemático y la optimización de problemas reales, dejando a continuación problemas más específicos como los de asignación eficiente de recursos, en especial los problemas asociados a personal humano.

Un modelo matemático puede tomarse como una representación de la realidad, a través de la transformación de esta en expresiones matemáticas, sobre las cuales se puede operar como se hace con regularidad. En este caso se usará la programación lineal, para expresar el problema que enfrenta Oechsle a través de los 5 elementos necesarios para este tipo de formulaciones:

- Conjuntos: Representan las dimensiones sobre las cuales se mueve el problema, aquí se declaran y describen las distintas características que puede tomar el modelo.
- Parámetros: Representan todos los datos, condiciones de borde, e información fija que se debe considerar en el modelo. En función de los datos aquí descritos las soluciones serán o no factibles para el problema, y estos mismos valores determinarán en qué dirección ha de buscarse el óptimo.
- Variables: La definición de variables queda a criterio de quien desarrolla el modelo, pero deben considerar todas las características del modelo, que no tienen un valor fijo, y permitirán encontrar la mejor solución. Podrían denominarse como la incógnita que se busca al desarrollar el modelo. Estas variables puede ser de varios tipos, entre los que destacan las variables de decisión, las cuales son de forma explícita las variables a las que se les busca un valor, y también destacan las variables de estado, que representan alguna característica más bien implícita que se considera en el modelo, para permitir su factibilidad en función de los valores tomados por las otras variables.
- Restricciones: Son expresiones matemáticas, que incluyen tanto las variables (de forma lineal), como los parámetros ya definidos, con el fin de poner cotas superiores, inferiores o ambas, a los valores posibles para las variables. Su

principal objetivo es definir una región factible para las soluciones que si son viables en la resolución del problema.

- Función Objetivo: Por lo general consiste en la minimización o maximización de una expresión matemática que incluye los parámetros antes definidos y las variables de decisión, siendo lineal en torno a estas últimas.

Esta y más información se puede encontrar con un carácter más técnico en los primeros capítulos de [12], y con un enfoque más de gestión y aplicabilidad en [13].

Entrando así en un espacio más específico, se encuentran los problemas de asignación de recursos limitados para la realización de tareas, lo que se conoce en la literatura como “scheduling”. Los problemas de scheduling pueden a su vez clasificarse en varios tipos, donde destacan el secuenciamiento de tareas a procesar por una red de máquinas o servidores, como también los problemas enfocados en la planificación de personal (conocido como planning) o creación de horarios y turnos (lo que se denomina rostering).

Con respecto a estos últimos tipos de problemas, se tienen bastantes ejemplos, como la planificación de flotas para transporte, la planificación de horarios para personal de salud [14] (lo más común suele ser el “nurse scheduling”) y la planificación de staff para atención de clientes, donde se ven variadas aplicaciones para call center o tiendas por departamento y retail [15] [16] [17] [18] [19].

Respecto a esta planificación de staff para la atención a clientes, se tienen varios trabajos de título similares [20] [21] [22] [23] [24], donde cada autor propuso distintas formas metodológicas y/o heurísticas para abordar los problemas en base a sus características y necesidades específicas. Donde por ejemplo algunos abordaron el problema primero desde la predicción de la demanda, otras se enfocaron en teoría de colas y otras desde un enfoque de simulación.

Ahora bien, la modelación matemática para la optimización no es todo lo que se debe considerar para un trabajo como este, sino que además es necesario comprender la problemática en sí. La cual puede explicarse de forma general como la búsqueda del balance entre las sobredotación y la subdotación [25] de personal, con el objetivo de hacer el mejor match posible entre oferta y demanda de horas hombre, contando con la cantidad suficiente de horas hombre para responder satisfactoriamente a las necesidades de los clientes, minimizando así las ventas perdidas, producto de la escasez de personal, mientras que al mismo tiempo se procura minimizar los costos asociados al pago de salarios y compensación a los trabajadores del staff.

Para terminar el análisis teórico, se retoma uno de los párrafos anteriores, donde se abordaron los distintos tipos de modelos de scheduling. En este caso no tiene sentido referirse a los problemas de secuenciamiento de tareas, dado que este modelo aplica para procesos por múltiples etapas y recursos, pero sí es necesario referirse a los modelos de planning.

Este tipo de modelos (de planning) procura tomar decisiones con un enfoque más estratégico y de mediano plazo para reducir la brecha entre la fuerza laboral disponible y los requerimientos de la compañía [26]. Este enfoque de decisiones tácticas (en vez de operativas), permite reducir la complejidad computacional, como los tiempos de resolución, cantidad de variables y restricciones del problema, las cuales parecen ser relevantes en este tipo de problemas, dado que por su naturaleza se suelen buscar heurísticas o solucionar para intervalos temporales acotados, tal como se declara en algunos de los trabajos similares a este, citados anteriormente.

El nivel de agregación necesario para formular el modelo desde el enfoque de planning, es válido en este caso, dada la homogeneidad con la que se puede caracterizar a los distintos trabajadores de un mismo turno, y que en la misma línea, no se incluye el multitasking de los trabajadores, ya que esto transforma a cada recurso en único, y por tanto no se puede recurrir indistintamente a los trabajadores.

Antes de acabar este capítulo será importante también referirse a la calidad de servicio, concepto que como se mencionó anteriormente se abordará de forma cuantitativa como un porcentaje de las horas laborales requeridas, que son cubiertas en su periodo correspondiente y con una cantidad por lo menos igual a la requerida. Por tanto, más que calidad de servicio, se estará hablando de nivel de servicio.

Para abordar la calidad de servicio desde una perspectiva más cualitativa, se podría ir a lo que dice la teoría al respecto, donde uno de los principales métodos de estudio, es el modelo de los 5 GAP, donde se evalúan 5 diferencias fundamentales en el servicio, que se presentan entre el servicio ofrecido, el entregado, el esperado, el recibido y el percibido. Sin embargo este tipo de análisis se escapan de este estudio.

Pese a que no se considerarán estas percepciones sobre el servicio, si se considerará que los clientes castigarán a la compañía, dejando de comprar, en el caso en que no sean atendidos en un tiempo prudente (para este caso se considerará como tiempo prudente, el ser atendidos en el mismo bloque horario (60 minutos) en el que llegaron (se supondrá la llegada distribuida uniformemente en cada intervalo de una hora).

A continuación se detallarán los pasos necesarios para abordar el problema, su posterior resolución y análisis, en particular se describirá el análisis de los antecedentes, la creación del modelo y en su momento, los resultados correspondientes.

Capítulo 7

Metodología de Trabajo

7.1. Análisis del problema

El primer paso consistió en analizar el problema primero desde una perspectiva, su naturaleza, los principales drivers que potencialmente pueden generar cambios en los resultados. Además de esto se argumenta la validez de utilizar un modelo matemático para optimizar la situación a la que se enfrentó Oechsle durante el periodo de estudio (año 2016).

7.2. Análisis de la información

Tras recopilar la información asociada tanto a la demanda como a la oferta de horas hombre disponible, y también a la información transaccional obtenida como resultado de, entre otras cosas el match entre oferta y demanda, se procedió a estudiarla, para buscar información concluyente sobre la magnitud del problema y otras variantes que pudieran ser importantes de considerar.

7.3. Revisión bibliográfica

En paralelo al trabajo de análisis de la información, se procura estudiar problemas y trabajos similares a este, para comprender el estado del arte en que se encuentra el estudio de estos problemas. En esta etapa se busca información referencial, metodologías similares y no tan similares, para evaluar los pros y contras de utilizar un enfoque u otro. Además esta revisión bibliográfica permite descubrir la necesidad de información antes no contemplada.

7.4. Creación del modelo

Con la información necesaria ya clara, y un análisis de las posibles alternativas de solución, se da paso a la elección, definición y creación del modelo matemático, con el cual se optimizará la situación a través de programación lineal. En esta etapa se definen primero los conjuntos y parámetros que darán forma al problema, a continuación corresponde definir las variables de decisión del modelo, que en este caso corresponden a la dimensión del staff de cajeros, y la oferta de horas hombre que se pondrán a disposición durante los distintos periodos. Adicionalmente se deberán agregar algunas variables auxiliares para la cuantificación de costos y validez del modelo.

El siguiente paso es definir las restricciones de forma matemática, para que la solución que entregue el modelo sea viable en la realidad, aquí se deberán tener en consideración las restricciones asociadas a lo laboral, las condiciones contractuales, las necesidades del negocio y naturaleza de las variables.

Para terminar el modelo, se debe definir la función objetivo, la cual tendrá como fin, la reducción de costos asociados al pago de remuneraciones al personal, y la reducción de costos asociados a ventas perdidas.

7.5. Implementación computacional

Con el modelo ya definido, el siguiente paso es llevar lo matemático a algún lenguaje de programación, para posteriormente realizar la optimización en algún software. Para este paso se contempla utilizar AMPL [27] como software, y para la optimización, el solver recomendado es Gurobi, ya que se comporta mejor con problemas de scheduling.

7.6. Análisis de resultados

Una vez se implemente el modelo y se ejecute computacionalmente, corresponde analizar los resultados, para validarlos, evaluar el potencial beneficio de haber aplicado el modelo, tanto en la posible reducción de costos asociados al pago de salarios, como la comparación de rendimiento bajo indicadores de rendimiento significativos (porcentaje de subdotación, porcentaje de sobredotación, horas hombre por transacción, etc).

7.7. Análisis de sensibilidad

Si bien los resultados reportaran la validez y posiblemente beneficios de la aplicación del modelo, es necesario comprender que esta ejecución entrega resultados potenciales sujetos a los parámetros usados en la creación del modelo, sin embargo esto es estático, y al cambiar los parámetros los resultados pueden cambiar drásticamente, por lo tanto cobra relevancia estudiar el comportamiento del modelo y sus resultados, bajo distintos escenarios de la información con que se cuenta, y que podría convertirse en una variable en el tiempo, o al escalar el modelo a las tiendas restantes.

Capítulo 8

Análisis de la Información

A continuación, se realizará un análisis de la información referente a la demanda pronosticada por la compañía, para todos los departamentos de la tienda escogida en el piloto, además, se incluye una revisión de la información transaccional, lo que ayudará a determinar los parámetros a utilizar en el modelo de optimización.

8.1. Análisis de la demanda presupuestada

En este apartado se estudiará el parámetro que representa la demanda, que corresponde a las horas hombre presupuestadas por la compañía, y representa el principal parámetro del modelo, es esta demanda la que se desea satisfacer con el staff de cajeros que se planea determinar. Este dato se encuentra para periodos de 1 hora para todo el año 2016, adicional a esta información se cuenta con información transaccional de los puntos de venta (montos de las ventas y cantidad de transacciones realizadas).

Con respecto a las horas hombre presupuestadas, se maneja la información al detalle para cada hora, día y mes. La unidad base del análisis realizado es la estimación para boques de 60 minutos, a continuación se adjuntan algunos gráficos que permiten comprender el comportamiento de este parámetros.

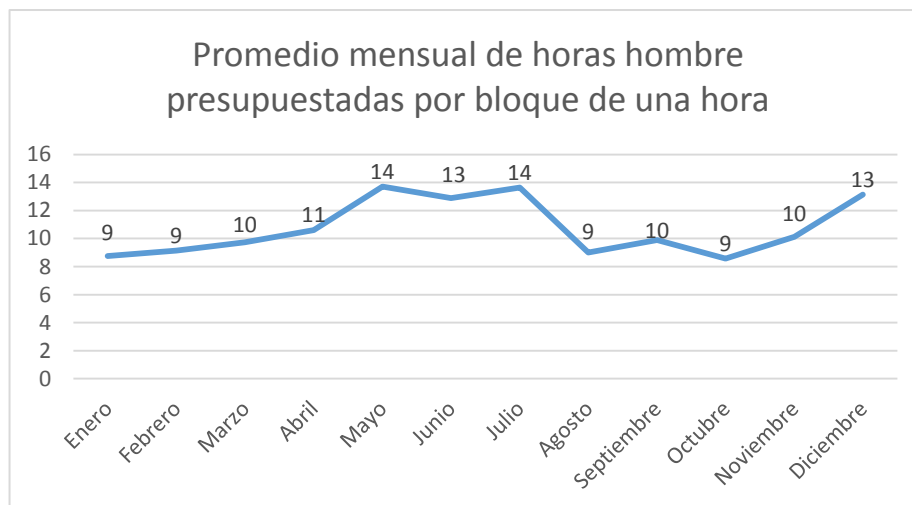


Ilustración 7: Promedio mensual de las horas laborales presupuestadas por hora (Se utilizará como demanda por atención de cajeros)

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por la compañía

En el gráfico anterior (Ilustración 7) los valores indican que por ejemplo, en el mes de enero en promedio se requieren cerca de 9 horas hombre para cada bloque horario, por lo tanto en promedio debiesen haber 9 trabajadores activos, claro que, como es de

esperar, haya alta variabilidad durante los distintos momentos del día, llegando en enero por ejemplo, hasta las 17 horas laborales para algunos momentos peak.

Al mirar esta información se perciben alzas estacionarias a mitad de año y al final, lo que hace referencia al día de la madre, las fiestas patrias de Perú y la Navidad, donde los meses con mayor demanda promedio, tienen cerca un 50% extra en comparación a los meses de menor demanda. Si bien estas diferencias son significativas, y podrían generar repercusiones del tipo: escasez de staff en algunos meses y exceso en otros, la realización y compensación de horas extras (explicada más adelante) permitirá suavizar estos efectos, aun con un staff estático. Por lo tanto a priori, estas diferencias son esperables en un modelo como este, y se espera que la solución obtenida sea congruente con esto.

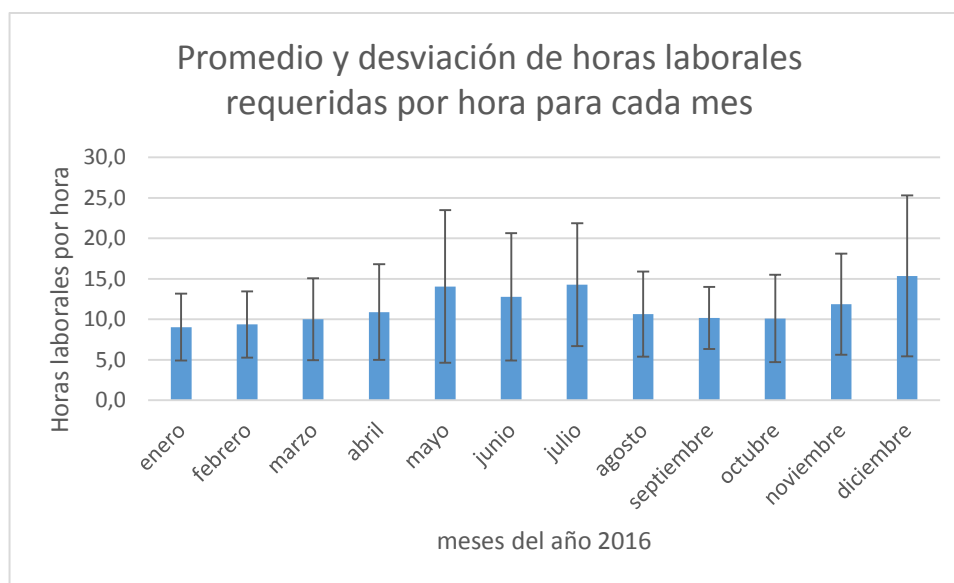
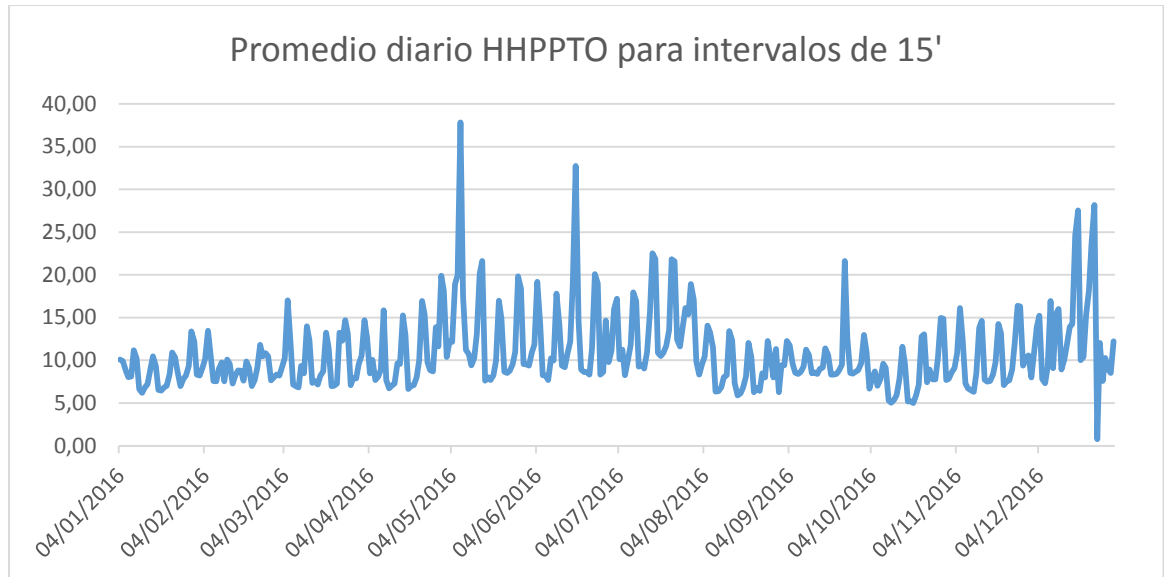


Ilustración 8: Variabilidad y magnitud de la demanda por horas laborales en cada hora, para cada mes del año 2016
Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por la compañía

El gráfico anterior (Ilustración 8), muestra la dispersión de los datos, en vez del promedio mensual. En particular, se muestran los 3 quintiles centrales de cada mes (se eliminaron los quintiles 1 y 5, para eliminar el factor de los números extremos). La principal conclusión de esta gráfico es que los periodos en que se eleva el promedio de horas hombre presupuestas, también aumenta la variabilidad de este número, dentro de dicho mes.

Visto desde un enfoque más de implicancias, se tiene que en los meses donde pueden aumentar mis ventas, dado que hay un aumento en la demanda presupuestada, también existe un aumento en la variabilidad de este número, por tanto es más difícil poder lograr un match perfecto entre dicha demanda y la oferta de horas hombre que se disponga.

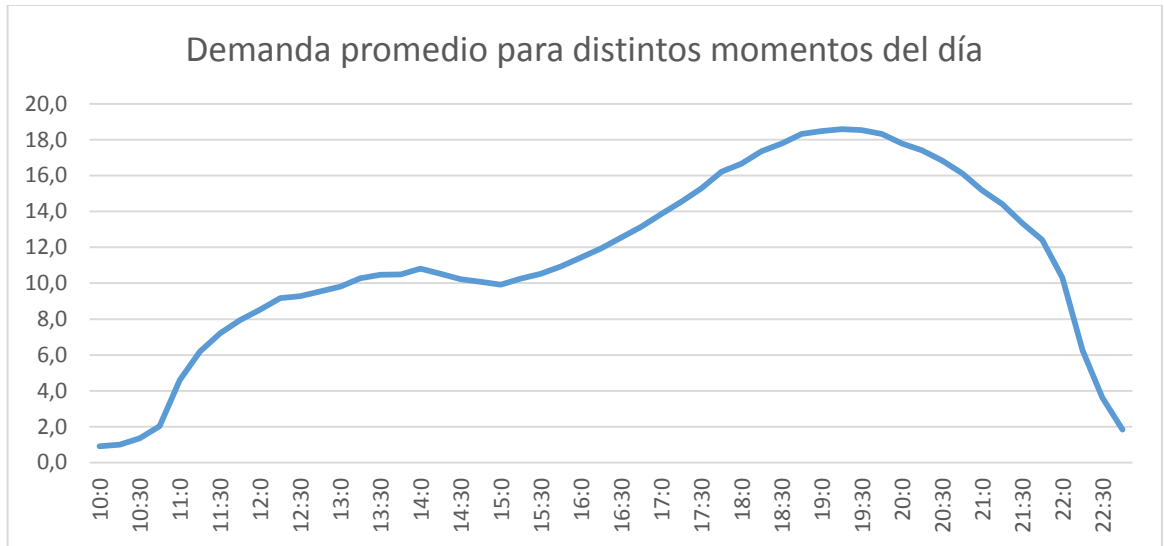
A continuación, se adjunta un gráfico similar a los anteriores, salvo que el análisis se realiza día por día, para tener una mirada con un mejor nivel de detalle.



*Ilustración 9: Promedio diario de horas laborales requeridas para cada día del periodo estudiado
Fuente: Elaboración propia en base al pronóstico entregado por la compañía*

Del gráfico se desprende que la demanda oscila con gran frecuencia, presentando peaks diarios, y que además de dichos peaks, existe un aumento sostenido general, cerca de la mitad del año, y al final de este (debido a celebraciones varias como día de la madre (mayo), fiestas patrias (julio) y navidad (diciembre)). Sobre eso, se desprenden algunos peaks extremos, con valores que escapan del resto de la muestra.

Además se realizó el mismo análisis para estudiar el comportamiento promedio de esta medición durante el día, con el fin de encontrar patrones en el comportamiento del parámetro relativo a la demanda, de este gráfico se desprende el comportamiento de los clientes:

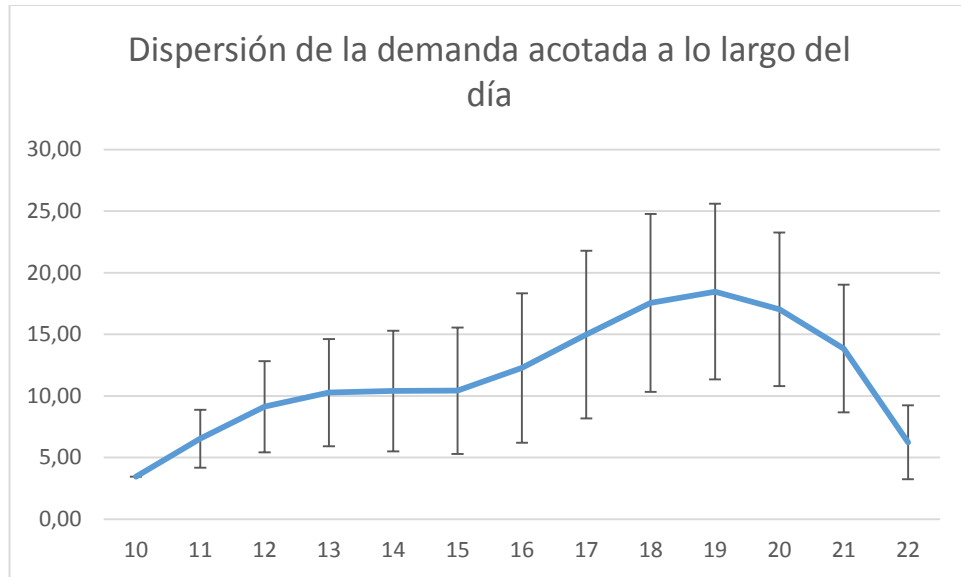


*Ilustración 10: Demanda promedio (medida en horas laborales) según los distintos momentos del día
Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por la compañía*

Visto entonces el gráfico, de donde no interesan con rigurosidad los valores de cada bloque horario, sino más bien la magnitud de las diferencias a lo largo del día, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La demanda es casi nula al momento de abrir las tiendas.
- Durante las primeras horas de la mañana la demanda comienza a crecer hasta llegar a un monte cerca de las dos de la tarde.
- Luego de este peak, existe un valle probablemente debido a una disminución en el tráfico de clientes luego del almuerzo.
- Durante la tarde, la demanda vuelve a enfrentar un crecimiento, que esta vez se extiende hasta después del horario de oficina, donde probablemente los clientes se dirigen a la tienda antes de partir a sus casas.
- Finalmente, la demanda decrece rápidamente hasta valores mínimos, cuando se acerca el cierre de la tienda.

Sin embargo, dada la restricción que tiene la tienda para su funcionamiento, de tener que considerar un mínimo de cajeros trabajando, aunque la demanda lo sea suficiente, a continuación se incluye un gráfico donde se acota inferiormente la demanda a 3 trabajadores, y además se incluye la dispersión de esta demanda según los momentos del día.



*Ilustración 11: Dispersión de la demanda acotada por el mínimo de operación, para cada bloque horario
Fuente: Elaboración propia a partir de la información entregada por la compañía*

Este comportamiento de la demanda, con valores mínimos en los extremos del día, y máximos en periodos intermedios, sugiere a priori, que la oferta de los horarios cercanos a la apertura y cierre de la tienda, no es algo prioritario, y podría bastar con la cantidad mínima posible para que sea factible el funcionamiento de la tienda. Sugiere además que a medida que avanza el día se deben incorporar más trabajadores para capturar esta demanda, utilizando trabajadores con distintos tipos de jornada, para flexibilizar la oferta de horas hombre, reduciendo así, la brecha tanto positiva como negativa entre oferta y demanda por horas hombre.

8.2. Información Transaccional

A continuación se incluyen algunas tablas que resumen la información de la cantidad de transacciones y el monto promedio de los tickets emitidos:

Mes	Transacciones del mes	Ticket promedio (en soles)
Enero	3.339	775
Febrero	3.223	780
Marzo	3.917	678
Abril	3.964	633
Mayo	4.054	718
Junio	3.732	711
Julio	4.062	707
Agosto	3.771	651
Septiembre	3.530	622
Octubre	3.786	550
Noviembre	3.660	560
Diciembre	3.673	1.189

*Tabla 2: Resumen información transaccional de la compañía durante el año 2016
Fuente: Elaboración propia a partir de la información entregada por la compañía*

La tabla anterior es un consolidado de la información anual del POS (Point of Sale) para la tienda escogida como base para este estudio. En la columna “Transacciones del mes”, se muestra el total de transacciones realizadas durante cada mes. Finalmente la columna Ticket promedio, muestra el valor promedio por venta para cada mes.

Las principales conclusiones al respecto, son que la cantidad de transacciones mes a mes son relativamente similares en cuanto a orden de magnitud, sin embargo el tamaño de los tickets emitidos crece en los meses de mayor demanda.

Capítulo 9

Modelo Matemático

9.1. Información preliminar sobre los tipos de contrato existentes

Como en cualquier empresa, el principal vínculo legal que une al trabajador con la organización, es su contrato, documento en el cual se registran las condiciones laborales (horarias, físicas, de seguridad, monetarias, etc.).

Para los trabajadores considerados en este problema, existen contratos de dos tipos:

- **Fulltime:** Los trabajadores con este tipo de contrato (contratos de tiempo completo), tienen consideradas jornadas de hasta 48 horas a la semana, las cuales se pueden distribuir a disposición del empleador, quien puede programar jornadas laborales con cierta libertad, pero debe considerar algunas restricciones legales (incluidas en los contratos), que ponen cotas máximas y mínimas a las horas ordinarias de trabajo al día y exigen algunos días libres cada cierta cantidad de días.

Así por ejemplo, se pueden establecer jornadas laborales diarias de entre 6 y 10 horas, pero no más ni menos. Para ejemplificar esto, lea el siguiente ejemplo: En cierta semana, cierto trabajador tiene jornadas de 7 horas entre lunes y miércoles, 8 horas el día jueves, 9 el día viernes y 10 horas el sábado, quedando con el domingo totalmente libre. Es importante notar que cada día las jornadas pueden empezar en diferentes horarios (siempre y cuando el horario de inicio permita que la jornada termine dentro del horario adecuado).

Otra particularidad de este tipo de trabajadores, es que pueden realizar “**horas extra**” (que son horas de trabajo adicionales a la jornada ordinaria, por lo que se denominan “extraordinarias”), las cuales se consideran exentas de algunas de las restricciones aplicadas a las horas ordinarias, pero que deben ser remuneradas con un cargo extra a modo de retribución al trabajador.

En caso de que la compañía no quiera o pueda pagar por estas horas extra, esta puede devolver las horas extras trabajadas al empleado, otorgándole horas libres a modo de compensación (aquí surge el concepto de “**horas compensadas**”), hasta un mes después de realizada la hora extraordinaria.

Ciertamente se puede pensar que esta compensación es injusta, pues el empleado recibe más dinero por una hora extra que por una hora de jornada ordinaria, debido al recargo que tiene como bonificación por horas extra. Es por esto, que si bien el empleador puede ofrecer o proponer la realización de horas extras y compensadas, es el trabajador el que tiene la última palabra para decidir su ocurrencia o no.

Por otra parte, los trabajadores con este tipo de contrato, podrían subdividirse en “**fulltime 6x1**” (trabajadores que trabajan como máximo 6 días por semana,

teniendo libre el día restante) y “**fulltime 5x2**” (trabajadores que asisten 5 días semanales al trabajo, y descansan los 2 restantes).

Para efectos del modelo, se pueden incluir ambos turnos, sin embargo no existen incentivos para considerar al segundo tipo, ya que para igual rendimiento y costo, el primer tipo permite más libertad al organizar las jornadas de trabajo. Es por esto que en la ejecución del modelo no se incorporó el segundo turno, ya que solo implicaba aumentar considerablemente el tiempo de resolución, y no generaba ningún cambio en la respuesta.

- **Parttime:** También denominado como “jornada parcial”, este tipo de contrato considera un máximo de 24 horas de trabajo semanales, a ser distribuidas por el empleador, pero tal y como para el tipo de contrato anterior, existen algunas restricciones asociadas al máximo de horas ordinarias que se pueden incluir en las jornadas diarias, y otras restricciones asociadas a la cantidad de días libres semanales (restricciones que son distintas en magnitud que las asociadas a contratos de tiempo completo).

A diferencia de los trabajadores fulltime, los empleados de jornada parcial no pueden realizar horas extras, ya que de lo contrario, por ley deberían empezar a considerarse como trabajadores de tiempo completo, y esto podría generar problemas financieros, legales u operativos.

Finalmente, estos trabajadores también podrían subdividirse en dos subgrupos de contrato, “**parttime 4x6**” (trabajan 4 días a la semana, por lo general 6 horas cada día) y “**parttime 3x8**” (trabajan 3 días a la semana, por lo general 8 horas diarias), sin embargo, tal como en el caso anterior, el segundo subtipo de contrato no presenta ningún incentivo para el modelo, por lo que todas las variables asociadas a este se mantienen iguales a cero, y se opta por eliminar este subtipo de contrato, pues solo ralentiza la resolución.

De aquí en adelante se empleará la palabra “Turno” para referirse a la clasificación de los tipos de contrato existentes.

9.2. Conjuntos

- **Turnos** $I = \{\text{fulltime6x1}, \text{parttime4x6}\}$
- **Periodos** $t = \{1 \dots 5445\}$, cada uno de estos elementos representa un bloque horario para el periodo en estudio, cada bloque tiene duración de una hora. Cada día a su vez considera 15 bloques horarios, donde el primero y el último (primero y decimoquinto) son periodos ficticios que representan una hora antes y después de abrir y cerrar la tienda respectivamente, los restantes 13 bloques de cada día, son horas en que la tienda necesita de sus funcionarios para atención a público.
- **Periodossalida** \subseteq Periodos, son los periodos o bloques horarios en que efectivamente puede terminar una jornada laboral para algún trabajador, un día cualquiera. Por ejemplo, en este conjunto no pueden estar los primeros periodos

de cada día, ya que cada día nadie puede terminar una jornada antes de cumplir un mínimo de 5 bloques seguidos en el trabajo (contando el bloque asignado para el descanso o refrigerio).

- **Periodocerrado** \subseteq Periodos, son los periodos o bloques horarios ficticios al inicio y fin de cada día, estos periodos, ya mencionados en el conjunto “Periodos” se utilizan para vaciar la tienda y reiniciar cada día, aquí se incluyen los periodos 1,15,16,30, .,5431 y 5445 que son el inicio y fin del día 1, día 2 y día 363 respectivamente.
- **Inicios** \subseteq Periodos, este conjunto incluye todos los elementos del conjunto Periodos tales que representan las primeras horas del día de cada día (llámense primeras horas del día, aquellas en que solo puede entrar gente, ya que no ha pasado la cantidad suficiente de tiempo para que se cumpla el mínimo de bloques que debe durar una jornada laboral cualquiera).
- **Fines** \subseteq Periodos, este conjunto incluye todos los elementos del conjunto Periodos tales que representan las últimas horas del día de cada día (llámense últimas horas del día, aquellas en que solo puede salir gente, pues en caso contrario, el trabajador que ingrese en estos bloques horarios, no alcanzaría a terminar su jornada laboral dentro del periodo adecuado).
- **SX** \subseteq Periodos, X toma valores desde 1 a 52 y cada conjunto “SX” representa una semana completa (7 días), del intervalo de tiempo analizado. En cada conjunto SX se incluyen los elementos t del conjunto Periodos, que pertenecen a dicha semana, por ejemplo en S1 están los t de 1 hasta 105 (15 horas por día y 7 días de la primera semana, nos entrega un total de 105 elementos o bloques horarios).
- **DiaX** \subseteq Periodos, X toma valores desde 1 a 363 (no se consideran los primeros 3 días del año ya que fueron festivos o no hubo operación) y cada uno de estos conjuntos “DiaX” representa un día laboral. En cada conjunto DiaX se incluyen los elementos t en el conjunto Periodos, que pertenecen a dicho día, por ejemplo en Dia1 están los elementos t del conjunto Periodos desde el 1 hasta el bloque 15 (porque el día tiene 15 periodos, 1 bloque ficticio de tienda cerrada al principio, 13 periodos activos y 1 bloque ficticio de tienda cerrada al final), el día siguiente considera los bloques desde el 16 hasta el 30 y así sucesivamente.
- **G4semX** \subseteq Periodos, X toma valores desde 1 a 13, cada uno de estos conjuntos representa grupos de 4 semanas, disjuntas entre si y la idea de esto es representar lo más semejante a un mes, si bien los meses tienen 30 o 31 días, se usó esta aproximación para mantener semejanza entre los conjuntos y en general no debería presentar grandes diferencias con lo real.
En cada subconjunto de este tipo hay:
15 horas/día x 7 días/semana x 4 semanas/grupo = 420 periodos/grupo.

- **G4DomX** \subseteq Periodos, X toma valores del 1 al 48, y cada uno de estos grupos incluye los elementos t en Periodos, pertenecientes a 4 domingos consecutivos, es decir es la unión de los elementos de Domingo1, Domingo2, Domingo3 y Domingo4, mientras que el siguiente de estos subconjuntos incluye los elementos de Domingo2, Domingo3, Domingo4 y Domingo5. Estos conjuntos “Domingo” no se construyeron explícitamente en el modelo, sino que se usó Excel para hacerlos rápidamente.

9.3. Parámetros

A continuación se incluyen los parámetros utilizados en el modelo, clasificados según su naturaleza o rol dentro de este.

9.3.1. Parámetros asociados a la demanda de la tienda

- **DEMANDA** $_{t \in Periodos}$, este parámetro representa en realidad las horas hombre presupuestas por la compañía para cada uno de los periodos de actividad, si bien no es la demanda como tal, se utiliza este nombre pues es más fácil de comprender.

9.3.2. Parámetros correspondientes a los costos directos asociados a los trabajadores, en los que incurre la compañía

- **SALARIOS** $_{i \in Turnos}$, este parámetro es el costo mensual directo en que incurre la compañía, por tener un trabajador de cierto tipo en su staff.
- **SOBRECARGO**, este parámetro representa el valor porcentual extra que se debe pagar a los trabajadores por las **horas extras realizadas**, no tiene índices ya que es igual para todos y solo los trabajadores full time pueden hacer horas extra.

9.3.3. Parámetros determinados en los contratos, asociados a las características y estructura de las jornadas laborales, que permiten que estas cumplan con la ley

- **LARGOMEN** $_{i \in Turnos}$, este parámetro representa la cantidad máxima de horas laborales normales no extraordinarias, que puede realizar un trabajador de cierto tipo de forma **mensual**.
- **LARGOSEM** $_{i \in Turnos}$, este parámetro representa la cantidad máxima de horas laborales normales no extraordinarias, que puede realizar un trabajador de cierto tipo de forma **semanal**.
- **COTASUP** $_{i \in Turnos}$, este parámetro representa el largo máximo que puede tener una jornada laboral diaria de los trabajadores de cierto tipo.

- **$COTAINF_{i \in Turnos}$** , este parámetro representa el largo mínimo que puede tener una jornada laboral diaria de los trabajadores de cierto tipo.
- **$DIASLAB_{i \in Turnos}$** , este parámetro representa la cantidad máxima de días laborales dentro de una misma semana, que puede tener un trabajador de cierto tipo.

9.3.4. Parámetros asociados a los costos potenciales o ficticios, propios de no calzar con exactitud la oferta y la demanda por horas hombre de personal de cajas.

Más adelante en el desarrollo del modelo se dejará ver cómo estos parámetros se traducen en incentivos para atender la demanda, ya que a diferencia de otros modelos con objetivos similares al de este, el modelo aquí descrito no tiene como una obligación atender la demanda, sino que tiene incentivos para hacerse cargo de una proporción sin definir, de dicha demanda.

- **$CTOUNDER$** , en este modelo la cobertura de la demanda es una restricción blanda, es decir que no se debe cumplir con obligatoriedad la satisfacción completa o parcial de esta, sin embargo por cada hora hombre no cubierta existe un **costo de oportunidad de haber atendido a un cliente**. **$CTOUNDER$** representa este costo de oportunidad, el cual se entenderá en el modelo principal, como la ganancia que deja de percibir la empresa por no contar con un cajero en determinado día y momento para atender a un cliente. Numéricamente se entenderá este valor como el producto entre la probabilidad de concretar efectivamente una venta y el beneficio monetario de la venta, es decir el precio de venta menos el costo de adquisición.
NOTA: para este parámetro se considerarán un proceso de venta simplificado, utilizando valores y medios de pago estándar, es decir, sin considerar beneficios financieros de compras en cuotas o con tarjetas específicas, pues no se cuenta con información suficiente.
- **$CTOOVER$** , este parámetro es análogo al anterior, y representa el costo extra en que se incurre cuando hay más trabajadores de los requeridos en determinado momento del día. En esta realización, se desestimó este costo, ya que tener más personal del requerido, a priori no genera un costo directo, sin embargo, podría ser importante a considerar para aplicar el modelo a otros puestos de trabajo, o tiendas más pequeñas, donde los cajeros puedan entorpecerse entre sí, o cuando haya otras labores anexas, que se requiera realizar en otro momento.

9.4. Variables del modelo

9.4.1. Variables de decisión explícitas

Este grupo de variables, involucran decisiones de operación a determinarse directamente con el objetivo de la optimización de la función objetivo.

- (VD1) $staff_{i \in Turnos} \geq 0$, variable entera que representa la cantidad de personas de cada turno contratadas durante el periodo de evaluación (1 año).
- (VD2) $xenjornada_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, variable entera que indica cantidad de personal de cierto turno en jornada laboral en cierto momento o bloque horario.
- (VD3) $descanso_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, variable entera que representa la cantidad de personal de cierto turno en horario de **refrigerio o descanso** en cierto momento o bloque horario.
- (VD4) $horaextra_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, variable entera que representa la cantidad de personal de determinado tipo de turno haciendo **horas extras** en determinado momento o bloque horario.
- (VD5) $horacomp_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, variable entera que indica la cantidad de personal **compensando horas extras** realizadas con anterioridad.

9.4.2. Variables de estado

El grupo de variables a continuación, son resultado de las variables anteriores y algunos de los parámetros detallados anteriormente. El objetivo de la determinación de estas variables, es facilitar la formulación de algunas expresiones y su entendimiento por parte del lector.

- (VE1) $y_{mas}_{t \in Periodos} \geq 0$, esta variable entera no es directamente una variable de decisión, sino que es la diferencia positiva entre los trabajadores necesarios y los disponibles en determinado bloque horario, siempre y cuando haya exceso de personal (sobredotación).
- (VE2) $y_{menos}_{t \in Periodos} \geq 0$, esta variable entera es análoga a la anterior, salvo que toma valores positivos cuando existe déficit de personal en determinado momento o bloque horario (subdotación).
- (VE3) $ingreso_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, esta variable entera de apoyo, representa cantidad de personas que comienzan su jornada laboral en determinado momento, de forma simple es la diferencia entre la variable **xenjornada** en determinado periodo y la misma variable del periodo anterior, cuando esta última es menor, así toma valores positivos cuando la cantidad actual de trabajadores es mayor que la anterior.

- (VE4) $egreso_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, variable entera similar a la anterior, salvo que es la resta entre la variable **xenjornada** de cierto momento, y la variable del momento siguiente, toma valores distintos de cero cuando esta última es menor que su predecesor, es decir
- (VE5) $oferta_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, esta variable representa el total de personal de cierto tipo de turno, activo y disponible para atender la demanda en determinado momento. Aquí se incluyen trabajadores en jornada **normal o extraordinaria**, pero no quienes están **compensando horas o en refrigerio/descanso**.
- (VE6) $activos_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, esta variable es el total de trabajadores en alguna de las jornadas (ordinaria o extraordinaria).
- (VE7) $hxacum_{i,t \in Turnos, Periodos} \geq 0$, esta variable tiene el rol de ser un contador de horas extras acumuladas y no compensadas durante los últimos periodos (tiene un alcance de hasta 4 semanas hacia atrás).

9.5. Función objetivo

A continuación se incluye la expresión que se busca optimizar en el modelo, esta expresión es una formulación de los costos asociados al personal, sus horas de trabajo y el desempeño de estas.

De forma resumida, la optimización de estos costos es una minimización de tres elementos que se describen a continuación:

- a) **Nómina:** Esta expresión incluye el pago de los salarios del staff contratado, y otros costos administrativos en que se incurre durante el año, estos otros costos se han estimado por la compañía. A priori el costo anual asociado al pago de sueldos es 12 veces el costo mensual de estos, sin embargo, debido a los costos administrativos y otros beneficios de los trabajadores, el costo de nómina no es de 12 veces los sueldos mensuales, sino que 16 veces estos últimos.
- b) **Hrs sin compensar:** Tal como se explicó anteriormente, los trabajadores con contrato de tipo fulltime pueden realizar horas extraordinarias, las cuales se pagan aparte del sueldo y además tienen un sobrecargo. Este ítem, considera todas las horas extras realizadas y no compensadas, ponderadas por el valor hora y el sobrecargo asociado a las horas extra.
- c) **Costos de mismatch:** En esta expresión se incluyen los costos de cada bloque horario, asociados a no realizar un calce perfecto entre oferta y demanda de cajeros. En específico para este modelo es la ponderación de horas hombre excedentes por su respectivo costo, más las horas hombre en déficit por su respectivo costo.

La expresión para la función objetivo queda entonces como:

Minimizar: a) Nómina + b) Hrs sin compensar + c) Costos de mismatch

Cada uno de los ítems incluidos en la función objetivo será descrito matemáticamente, a continuación:

a) Nómina =

$$16 \times \left(\sum_{i \in \text{Turnos}} \text{staff}_i \times \text{SALARIO}_i \right)$$

b) Hrs sin compensar =

$$\sum_{i \in \text{Turnos}} \sum_{t \in \text{Periodos}} (\text{hextra}_{it} - \text{hcomp}_{it}) \times \text{SOBRECARGO} \times \frac{\text{SALARIO}_i}{\text{LARGOMEN}_i}$$

c) Costos de mismatch =

$$\sum_{t \in \text{Periodos}} (CTOUNDER \times y_{\text{menos}_t} + CTOOVER \times y_{\text{mas}_t})$$

Nota: en este caso puede desestimarse el segundo sumando de la expresión anterior, ya que se desestimó el parámetro CTOOVER para este caso, por lo que añadirlo lo tendrá mayor implicancia.

9.6. Restricciones

A continuación se incluyen las restricciones del modelo clasificadas bajo cinco tópicos para facilitar la lectura de estas expresiones.

9.6.1. Naturaleza de las variables

Las siguientes doce restricciones tienen como finalidad declarar de forma explícita la naturaleza de los valores que pueden tomar, como se puede ver, cada una de las restricciones corresponde a un de las variables ya descritas, y adicionalmente el lector puede notar que cada una de estas variables pertenece al conjunto de los naturales más el elemento cero.

- (R1) $staff_i \in \text{Turnos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R2) $x_{\text{jornada}_{i,t}} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R3) $descanso_{i,t} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R4) $horaextra_{i,t} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R5) $horacompi_{i,t} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R6) $y_{\text{mas}_t} \in \text{Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R7) $y_{\text{menos}_t} \in \text{Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R8) $ingreso_{i,t} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R9) $egreso_{i,t} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$
- (R10) $oferta_{i,t} \in \text{Turnos,Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$

$$(R11) \quad \text{activos}_{i,t} \in \text{Turnos, Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$$

$$(R12) \quad \text{hxacum}_{i,t} \in \text{Turnos, Periodos} \in \mathbb{IN} \cup \{0\}$$

9.6.2. Definición de variables de estado

El siguiente grupo de restricciones corresponde a la definición de las variables de estado declaradas con anterioridad, en general, cada una de estas ocho restricciones expresa alguna de las variables de estado, como una expresión de sumas y restas, entre variables de decisión y parámetros del modelo.

- “El ingreso de trabajadores se define como la diferencia positiva entre los trabajadores que están en un periodo de tiempo y el anterior”

$$(R13) \quad \text{ingreso}_{it} \geq \text{xenjornada}_{it} - \text{xenjornada}_{it-1}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} \geq 2$$

Así la cantidad de ingresos de cada turno y periodo quedará definida por los trabajadores que se suman al total de personas trabajando durante el periodo anterior. El signo de desigualdad permite que la variable se defina positiva linealmente, lo importante es que dado que la variable ingreso tenderá a disminuir siempre dadas las restricciones en las que participa.

- “El egreso de trabajadores se define como la diferencia positiva entre los trabajadores que están en un periodo de tiempo y siguiente”

$$(R14) \quad \text{egreso}_{it} \geq \text{xenjornada}_{it} - \text{xenjornada}_{it+1}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} \leq 5444$$

Así la cantidad de ingresos de cada turno y periodo quedará definida por los trabajadores que se restan al total de personas trabajando durante el periodo siguiente. El signo de desigualdad permite que la variable se defina positiva linealmente, lo importante es que dado que la variable egreso tenderá a disminuir siempre dadas las restricciones en las que participa.

- “El exceso de horas hombre se define como la diferencia positiva entre la oferta de cajeros y la demanda por estos”

$$(R15) \quad \text{ymast}_t \geq \sum_{i \in \text{Turnos}} \text{oferta}_{it} - \text{DEMANDA}_t$$

$$\forall t \in \text{Periodos}$$

En esta restricción se define la variable **y_{mas}** como la brecha entre oferta y demanda de horas hombre, cuando hay exceso de personal. Esta distinción se logra con el signo de desigualdad (en vez de igualdad) y haciendo que la variable **y_{mas}** no sea negativa. Así, dado que en la función objetivo se busca su minimización (ya que al aumentar el valor de esta variable, aumenta el valor de la función objetivo), siempre tenderá a apegarse lo más posible a la resta del lado derecho, sin sobrepasar el cero.

- *“El déficit de horas hombre se define como la diferencia positiva entre la demanda por cajeros y la oferta disponible de ellos”*

$$(R16) \quad y_{menos_t} \geq DEMANDA_t - \sum_{i \in Turnos} oferta_{it}$$

$$\forall t \in Periodos$$

En esta restricción se define la variable **y_{menos}** como la brecha entre demanda y oferta de horas hombre, cuando hay déficit de personal. Esta distinción se logra con el signo de desigualdad (en vez de igualdad) y haciendo que la variable **y_{menos}** no sea negativa. Así, dado que en la función objetivo se busca su minimización (ya que al aumentar el valor de esta variable, aumenta el valor de la función objetivo), siempre tenderá a apegarse lo más posible a la resta del lado derecho, sin sobrepasar el cero.

- *“La de horas hombre es la diferencia entre los trabajadores que están en jornada ordinaria o extraordinaria, menos los trabajadores que están en horario de descanso o compensando horas”*

$$(R17) \quad oferta_{it} = xenjornada_{it} - descanso_{it} + horaextra_{it} - horacomp_{it}$$

$$\forall i, t \in Turnos, Periodos$$

En esta restricción se define la variable oferta para cada periodo, como el total de personas en jornadas de trabajo efectivo, y disponibles para la atención de público, restando al personal compensando horas o en horario de refrigerio (descanso o colación).

- *“El personal activo considera la suma de quienes están realizando jornada laboral ordinaria o extraordinaria”*

$$(R18) \quad activos_{it} = xenjornada_{it} + horaextra_{it}$$

$$\forall i, t \in Turnos, Periodos$$

En esta restricción se define la variable activos como el total de personas en alguno de los tipos de jornada, estén o no disponibles para atender público.

- *“Las horas extra acumuladas son la diferencia entre las horas extras realizadas y las horas compensadas, durante las últimas 4 semanas”*

$$(R19) \quad hxaccum_{it} = \sum_{r=1}^t horaextra_{ir} - horacomp_{ir}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} \leq 420$$

$$(R20) \quad hxaccum_{it} = \sum_{r=t-419}^t horaextra_{ir} - horacomp_{ir}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} > 420$$

En esta restricción se especifica el total de horas extras no compensadas acumuladas, que podrían ser compensadas. Se requieren dos restricciones, una válida para los periodos hasta 420 (este número de bloques representa 4 semanas de 105 bloques horarios), pues hasta aquí no se puede compensar con libertad hasta 4 semanas atrás, ya que al iniciar el año no se puede hacer nada con las horas extras acumuladas anteriores, y el conteo se reinicia, es por esto, que para los primeros 420 periodos solo se puede compensar del periodo número 1 en adelante, sin importar el poco tiempo que haya pasado desde dicho periodo.

Para los periodos que vienen luego, el periodo inicia en el que se hizo la hora extra a compensar va variando, para mantener el periodo de compensación en los 420 bloques horarios (o 4 semanas).

9.6.3. Restricciones de funcionamiento

Las dos restricciones a continuación le dan sentido al modelo, haciendo que, primero se respete el tamaño de la planilla de trabajadores, y segundo, se respete la cantidad mínima para que la tienda pueda funcionar.

- “No puedo citar más gente de la contratadas”

$$(R21) \quad activos_{it} \leq staff_i$$

$$\forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodos}$$

El total de personas en cualquiera de las jornadas laborales (ordinaria o no) debe ser menor o igual al total de gente contratada. Esto para asegurarse de que no se pongan a trabajar más personal de las disponibles, en el caso óptimo el signo será de igualdad, pero es importante recordar que en ciertos momentos no se puede llamar a todos los trabajadores ya que periódicamente, estos deben tener días libres.

- “Siempre debe haber al menos un trabajador en cada piso”

$$(R22) \quad \sum_{i \in \text{Turnos}} \text{oferta}_{it} \geq 3$$

$$\forall t \in \text{Periodos} \setminus \text{Periodocerrado}$$

Por norma de la empresa, en horario de atención siempre debe haber al menos una persona disponible para la atención de público en caja, en cada piso de la tienda. En el caso de la tienda en estudio, esta tiene 3 pisos.

9.6.4. Restricciones por condiciones laborales

Las restricciones incluidas en este punto, son a modo general, las que permiten que las variables de decisión otorgadas por el modelo, permitan el funcionamiento de la tienda respetando las condiciones laborales y contractuales.

- “Para todos los trabajadores, cada jornada laboral debe tener una duración mínima y realizarse en bloques continuos”

Los siguientes grupos de restricciones tienen como función hacer que las jornadas tengan una duración mínima y se realicen en bloques horarios continuos, es decir que por ejemplo ninguna jornada laboral puede durar menos que 5 bloques, y estos deben ser consecutivos (ver el diagrama más adelante).

9.6.4.1. Restricciones de flujo con 1 egreso:

Las siguientes restricciones se aseguran de que la cantidad de personas que termina su jornada en determinado momento, es menor que la cantidad de gente que estaba trabajando en periodos anteriores, ya que los candidatos a terminar su jornada son aquellos que al menos estuvieron en los últimos 5 periodos (4 periodos de trabajo más 1 de descanso).

$$(R23) \quad \text{egreso}_t \leq \text{xenjornada}_{it-1}, \quad \forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$$

$$(R24) \quad \text{egreso}_t \leq \text{xenjornada}_{it-2}, \quad \forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$$

$$(R25) \quad \text{egreso}_t \leq \text{xenjornada}_{it-3}, \quad \forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$$

$$(R26) \quad \text{egreso}_t \leq \text{xenjornada}_{it-4}, \quad \forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$$

Estas restricciones se han de cumplir para cualquier bloque horario que pertenezca al conjunto **Periodossalida**, ya que son estos periodos en los que efectivamente puede haber egresos, pues para los elementos que no pertenecen a este conjunto, simplemente no son válidos los egresos de personal.

9.6.4.2. Restricciones de flujo con 2 egresos:

(R27) $egreso_t + egreso_{t+1} \leq xenjornada_{it-1}, \quad \forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$

(R28) $egreso_t + egreso_{t+1} \leq xenjornada_{it-2}, \quad \forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$

Este grupo de restricciones es similar al anterior, pero no tan intuitivo. La forma fácil de entender este tipo de restricciones es relacionar la cantidad de egresos en periodos contiguos, ya que de no hacer esto, el grupo de restricciones anteriores no pierde efectividad pudiendo cumplirse matemáticamente, pero no satisfaciendo el problema real.

9.6.4.3. Restricciones de flujo con 3 egresos:

(R29) $egreso_t + egreso_{t+1} + egreso_{t+2} \leq xenjornada_{it-1}$

$\forall i, t \in \text{Turnos}, \text{Periodossalida}$

Esta última restricción cumple la misma finalidad de relacionar la cantidad de gente que termina su jornada en periodos contiguos, pero relacionando esta vez, 3 periodos consecutivos.

Hr	t	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	total Ps.	egr t	Rest 1	egr t egr t+1	Rest 2	egr t egr t+1 egr t+2	Rest 3
12:00	t-6							0						
13:00	t-5							1						
14:00	t-4	1						1						
15:00	t-3	1	1	1	1			4						
16:00	t-2	1	1	1	1	1	1	6						
17:00	t-1	1	1	1	1	1	1	6						
18:00	t	1	1	1	1	1	1	6	1	1	4	1	6	1
19:00	t+1		1	1	1	1	1	5	3	1	5	1	5	1
20:00	t+2					1	1	2	2	1	2	1	2	1
21:00	t+3							0						
22:00	t+4							0						

Tabla 3: Diagrama de cumplimiento de restricciones de flujo
Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla de arriba, en las columnas de más a la izquierda se muestran indicadores de tiempo para un caso que servirá de ejemplo para explicar las restricciones explicadas recientemente. En la columna **Total Ps.** se tiene la variable **xenjornada** arrojada por el modelo, la que nos indica la cantidad de gente que trabajaría en cada periodo, (justamente antes de eso, en amarillo se muestra un ejemplo detallado por persona **(P)** de cómo podrían ser las jornadas en cuestión, como podrá notar, estas jornadas laborales son continuas y tienen una duración mínima de 5 horas.

Notar también las columnas a la derecha de **Total Ps.**, en donde las columnas con título **egr t**, **egr t + egr t+1** o **egr t + egr t+1 + egr t+2** muestran la suma de los egresos correspondientes a los periodos en cuestión para cada grupo de restricciones. Adicionalmente a esto, las columnas con título **Rest 1**, **Rest 2** y **Rest 3**, muestran un 1 en los periodos en que se cumplen las restricciones del correspondiente tipo. Como podrán notar, en este caso para todas las restricciones aparecen solo 1, por lo tanto se cumplen las restricciones de flujo y en el cuadro de personas (**P**), las jornadas cumplen con la condición.

A continuación tenemos otro ejemplo muy semejante al anterior, salvo que en este caso para el periodo $t+1$, la variable **xenjornada** tomó un valor de 4 en vez de 5, suponiendo que la demanda de dicho periodo no fue tan alta, por lo que se tendrían incentivos a reducir la oferta de mano de obra.

Esta persona menos, se representó en el diagrama como P2 (podría ser cualquiera), sin embargo como notarán en los recuadros rojos, el no citar a esta persona durante este bloque horario, provocó que su jornada laboral de dicho día durara solo 4 horas, lo que no puede ser, pues la duración mínima de una jornada laboral es de 5 horas (4 horas de trabajo más 1 hora de descanso), este incumplimiento de la duración mínima, se expresa en la violación de las restricciones asociadas (recuadro en rojo en la columna **Rest 1**).

Para aclarar este incumplimiento, basta notar que para el bloque t hay 2 egresos, y como se explicó anteriormente, la cantidad de egresos no puede superar a la cantidad de personas trabajando (**xenjornada_{it}**) en los periodos $t-1$, $t-2$, $t-3$ y $t-4$, pero a las 14:00 horas, es decir en $t-4$, la variable **xenjornada_{it}** vale 1, por tanto no se cumplen todas las restricciones respectivas.

Hr	t	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	total Ps.	egr t	Rest 1	egr t egr t+1	Rest 2	egr t egr t+1 egr t+2	Rest 3
12:00	t-6							0						
13:00	t-5							1						
14:00	t-4	1						1						
15:00	t-3	1	1	1	1			4						
16:00	t-2	1	1	1	1	1	1	6						
17:00	t-1	1	1	1	1	1	1	6						
18:00	t	1	1	1	1	1	1	6	2	0	4	1	6	1
19:00	t+1		1	1	1	1	1	4	2	1	4	1	4	1
20:00	t+2					1	1	2	2	1	2	1	2	1
21:00	t+3							0						
22:00	t+4							0						

Tabla 4: Diagrama de cumplimiento de restricciones de flujo
Fuente: Elaboración propia

- “No debe haber gente en ningún tipo de jornada, en los periodos en que la tienda está cerrada”

$$(R30) \quad \sum_{i \in \text{Turnos}} x_{\text{enjornada}_{it}} + \text{descanso}_{it} + \text{horaextra}_{it} + \text{horacomp}_{it} = 0$$

$$\forall t \in \text{Periodocerrado}$$

Nadie puede estar haciendo ningún tipo de jornada en los periodos ficticios que representan cuando la tienda está cerrada, esto asegura que los periodos de trabajo estén dentro de los horarios establecidos de trabajo. Recordar que **Periodocerrado** es el conjunto que incluye los periodos ficticios al principio y fin de cada día, que representan los horarios en que la tienda no está en funcionamiento.

- “Nadie puede terminar su jornada laboral en un bloque horario tal que no haya cumplido su jornada mínima”

$$(R31) \quad \text{egreso}_{it} \leq 0 \quad \forall i, t \in \text{Turnos, Inicios}$$

Para los periodos (bloques horarios) que pertenecen al conjunto **Inicios**, la variable egreso debe tomar obligatoriamente el valor cero (ya que esta variable se definió como no negativa), ya que de lo contrario uno o más trabajadores terminarían su jornada sin cumplir la duración mínima establecida.

- “Nadie puede empezar su jornada laboral en un bloque horario tal que no pueda cumplir su jornada mínima”

$$(R32) \quad \text{ingreso}_{it} \leq 0, \quad \forall i, t \in \text{Turnos, Fines}$$

Para los periodos (bloques horarios) que pertenecen al conjunto **Fines**, la variable ingreso debe tomar obligatoriamente el valor cero (ya que esta variable se definió como no negativa), ya que de lo contrario uno o más trabajadores comenzarían su jornada sin poder cumplir la duración mínima establecida.

Estas dos restricciones aseguran que no entrará ni saldrá nadie en un bloque donde esto sea infactible, quizás es redundante con las restricciones de flujo, pero es un fortalecimiento al modelo.

- “Los trabajadores con contrato fulltime deben tener al menos 2 domingos libres, cada 4 domingos consecutivos”

$$(R33) \quad 2 \times \text{staff}_{\text{fulltime6x1}} \times \text{COTASUP}_{\text{fulltime6x1}} \geq \sum_{t \in \text{G4DomX}} x_{\text{enjornada}_{\text{fulltime6x1},t}}$$

Esta restricción ha de cumplirse para cada uno de los posibles valores que toma X en los subconjuntos “**G4DomX**” definidos anteriormente (recordar que en este trabajo existen 48 grupos de este tipo, ya que existen 48 subgrupos no disjuntos de días domingos).

La lógica que hay detrás de estas restricciones es que cada trabajador full time debe tener al menos 2 de cada 4 domingos consecutivos libres.

Esto se logra haciendo que el total de horas hombre full time que se considera para 4 domingos consecutivos (esto es la parte derecha de la expresión), no puede ser mayor que las horas hombre que puede trabajar el personal disponible (esto es la parte izquierda de la ecuación, es decir 2 veces el personal que se sugiere contratar (**staff_i**) por la cantidad de horas al día que podría hacer cada uno (**COTASUP**).

Por ejemplo: Si se consideran 5 trabajadores full time, estos no podrían trabajar en total, más de $2 \times 5 \times 10 = 100$ horas, durante 4 domingos consecutivos, ya que de lo contrario, estaría citando 3 domingos al menos a uno de esos trabajadores.

- “No se pueden ofertar más horas hombre al día, de las disponibles legalmente según el tamaño del staff contratado”

$$(R34) \quad \sum_{t \in \text{Dia}X} x_{enjornada_{it}} \leq COTASUP_i \times staff_i$$

$$\forall i \in \text{Turnos}$$

Esta restricción se replica variando X de los conjuntos **DiaX**, desde 1 hasta 363, ya que en el trabajo se consideran 363 días, recordar que los conjuntos **DíaX**, fueron definidos con anterioridad. Este tipo de restricción sirve para acotar la cantidad de horas hombre que se pueden considerar para cada día. De forma simple, se explica la necesidad de esta restricción como que no se pueden considerar más horas al día del máximo posible que puede hacer el personal contratado.

Por ejemplo, si se consideran 5 personas fulltime6x1 contratadas, no puedo considerar más de $5 \times 11 = 55$ horas hombre de personal fulltime6x1 en un día, recordar que 11 horas es el máximo que podría estar un trabajador cualquier en su jornada laboral (10 horas de trabajo efectivo y 1 hora de almuerzo).

- “No se pueden ofertar más horas hombre a la semana, de las disponibles legalmente según el tamaño del staff contratado”

$$(R35) \quad \sum_{t \in SX} x_{enjornada_{it}} = LARGOSEM_i \times staff_i$$

$$\forall i \in \text{Turnos}$$

Esta restricción se replica para distintos valores de X en los conjuntos **SX** de la sumatoria del lado izquierdo de la ecuación, es importante recordar que los conjuntos **SX** ya fueron definidos anteriormente, y son en total 52 (por lo tanto X toma valores desde 1 hasta 52).

A esta altura, debe ser directo comprender que la lógica de contar con estas

restricciones es acotar la oferta de horas hombre durante cada semana, por el total disponible legalmente en función de la decisión de contratación de staff.

- “La cantidad de inicios de jornada laboral de algún trabajador, no pueden superar los inicios de jornada disponibles según tipo de contrato ponderando estos por el tamaño del staff a utilizar”

$$(R36) \quad \sum_{r=t}^{t+104} \text{ingreso}_{ir} \leq \text{DIASLAB}_i \times \sum_{r=t}^{t+104} \frac{\text{xenjornada}_{ir}}{\text{LARGOSEM}_i}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} < 5431$$

Esta restricción tiene como finalidad hacer que la cantidad de inicios de jornada durante una semana (105 periodos, por eso hay una suma desde t hasta 104 periodos después), no sean superiores a los posibles ingresos para el mismo periodo, los cuales están limitados por la cantidad de días que se pueden trabajar a la semana (**DIASLAB**) multiplicados por las horas hombre necesarias en ese intervalo, normalizadas por las horas que se pueden trabajar a la semana.

Notar que esto se debe cumplir solo hasta el bloque horario 5431, pues este bloque es el primer bloque de la última semana, por tanto cumpliéndose la restricción para este bloque, se cumple para toda la semana.

El siguiente ejemplo tiene como finalidad explicar esto último con un poco más de detalle. Considerar el turno fulltime6x1, cada persona con este tipo de contrato, no puede iniciar más de 6 jornadas a la semana, y si por ejemplo la suma de horas hombre consideradas (representadas por la variable **xenjornada_{it}**) fuese 1.080 (este es un número cualquiera), al normalizarlas por la cantidad de horas que puede hacer cada uno (**LARGOSEM** = 54, 48 horas de trabajo más 6 de descanso), nos quedaría que el total de ingresos o inicios de jornada de dicha semana, no pueden superar 6 x 960/54 = 120 ingresos, los que serían realizados por 20 personas (1.080 dividido por 54). Como se puede notar, cada una de esas 20 personas puede trabajar a lo más 6 días a la semana, así los ingresos semanales, tendrían un tope de 120 ingresos, número que cumple con la condición deseada.

9.6.5. Restricciones asociadas a los horarios de descanso/refrigerio

- “Cada persona que entra a trabajar debe tener su horario de descanso/refrigerio”

$$(R37) \quad \sum_{t \in \text{DiaX}} \text{ingreso}_{it} \leq \sum_{t \in \text{DiaX}} \text{descanso}_{it} \quad \forall i \in \text{Turnos}$$

Esta restricción se replica variando X de los conjuntos **DiaX**, desde 1 hasta 363, ya que en el trabajo se consideran 363 días, recordar que los conjuntos **DíaX**, fueron

definidos con anterioridad.

Estas restricciones indican que se deben considerar suficientes horas de descanso por jornada, para asegurar que cada trabajador que ingresó durante el día, pueda tener una hora de descanso. Entonces si en el día 48 se registran 13 ingresos (inicios de jornada), se deben considerar al menos 13 horas de descanso/colación para los trabajadores.

- “Los horarios de descanso no pueden ser ni al inicio ni al final de la jornada del trabajador”

$$(R38) \quad \text{descanso}_{it} \leq x_{en} \text{jornada}_{it} - \text{ingreso}_{it} - \text{ingreso}_{it}$$

$$\forall i, t \in \text{Turnos, Periodos};$$

Esta restricción se encarga de que la solución entregada no incluya horarios de colación durante la primera ni la última hora de la jornada laboral de los trabajadores, ya que esto no es permitido.

9.6.6. Restricciones asociadas a las horas extras y su compensación

Antes de continuar con las restricciones asociadas a esta temática, es importante recordar que, las horas extras son horas adicionales a la jornada regular, las cuales permiten rebasar el límite de las 48 horas semanales de trabajo, sin embargo, estas deben ser remuneradas como un bono sobre el sueldo regular (notar también que el valor por hora de estas horas adicionales es mayor que el valor por hora de las horas regulares). Además se debe aclarar que, aunque están consideradas en el modelo, a modo de sugerencia para la posterior creación de horarios, el trabajador siempre tiene la opción de rechazar estas horas adicionales.

Entonces, si bien es el trabajador quien tiene la última palabra sobre la realización de estas horas, parece relevante incorporarlas en el modelo. No solo porque la posibilidad de realizar las jornadas extraordinarias puede variar la solución del modelo, sino también, porque tener una previsión anticipada de las posibles horas extras a realizar, le permite al trabajador tener mayor información sobre los turnos que le serán asociados cada periodo.

Por otra parte, la compensación de horas (que corresponde a otorgar horas libres al trabajador, a cambio de no pagar el bono por las horas extras realizadas) también es incorporada en el modelo, por un argumento similar al anterior. La posibilidad de que el trabajador conozca de forma anticipada, algunas opciones para la compensación de horas, le permitirán planificar con antelación su vida personal, en base a las posibilidades de compensación que tiene.

En caso de que el trabajador opte por no aceptar las horas compensadas (es decir que prefiera que se le paguen monetariamente las horas extras realizadas), la compañía incurriría en un costo no presupuestado, pero que ciertamente no debería afectar en la misma magnitud que las ventas perdidas a causa de no contar con el suficiente personal.

- *“No se puede compensar una hora extra que no se haya hecho, o que se haya hecho con anterioridad superior a un mes”*

$$(R39) \quad \mathit{horacomp}_{it} \leq \mathit{hxacum}_{it}$$

$$\forall i, t \in \mathit{Turnos}, \mathit{Periodos}$$

En esta restricción se fija el máximo de horas a compensar cada periodo, como el total acumulado de horas extras no compensadas, durante el último mes o periodo disponible.

- “El personal parttime no puede hacer horas extra”

$$(R40) \quad \text{horaextraparttime}_{4x6,t} = 0 \quad \forall t \in \text{Periodos};$$

Esta restricción asegura que el personal part time no pueda hacer horas extra, ya que de lo contrario estos pasan a considerarse full time y por tanto su salario aumenta considerablemente, y debería adaptarse su contrato, con las particularidades de los trabajadores de tiempo completo, lo que significa gestiones que podrían no ser deseadas por ninguna de las partes.

- “Las horas extras se han de realizar al inicio o al final de la jornada laboral de quien las hace”

$$(R41) \quad \text{horaextra}_{it} \leq \text{ingreso}_{it+1} + \text{egreso}_{it-1} + \text{horaextra}_{it-1} + \text{horaextra}_{it+1}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} \setminus \text{Periodocerrado}$$

Esta restricción cumple con acotar la cantidad de horas extras que se pueden hacer en algún periodo, por la cantidad de ingresos del bloque horario siguiente, más los egresos del bloque anterior, más las horas extras que se realizan en periodos contiguos. Así las horas extras no se realizan sin considerar las horas ordinarias de trabajo que cumplen los trabajadores.

- “Las horas compensadas se han de realizar al inicio o al final de la jornada laboral de quien las hace”

$$(R42) \quad \text{horacomp}_{it} \leq \text{ingreso}_{it} + \text{egreso}_{it} + \text{horacomp}_{it-1} + \text{horacomp}_{it+1}$$

$$\forall i \in \text{Turnos}, t \in \text{Periodos} \setminus \text{Periodocerrado}$$

Esta restricción cumple con hacer que la compensación de horas sea solo en los bordes temporales de la jornada laboral del trabajador en cuestión. Así, la cantidad de horas compensables, está acotada por la cantidad de ingresos del bloque horario, más los egresos del mismo bloque, más las horas compensadas que se realizan en los bloques horarios contiguos. Así las horas compensadas se realizan de acuerdo a las jornadas de los trabajadores.

Capítulo 10

Principales Resultados

Tras la implementación y ejecución del modelo desarrollado en el capítulo anterior, corresponde analizar y evaluar los espacios de mejora encontrados, y la cuantificación de los beneficios potenciales.

Antes de continuar, para especificar ciertos puntos sobre la ejecución del modelo, se entregarán algunos detalles del proceso de resolución, para comprender la magnitud del problema:

- El modelo original implica alrededor de 300.000 restricciones lineales y poco más de 100.000 variable (recordar que en el modelo utilizado todas las variables son enteras).
- Se utilizó el solver Gurobi 7.0.0 en un notebook con un procesador i5 y 4 GB de RAM.
- Se realizaron poco más de 200.000 iteraciones antes de encontrar la primera solución factible, este proceso tomó alrededor de 4 horas en todos los casos.
- Luego solver continuó iterando para encontrar mejores soluciones. Sin embargo, en la mayoría de los casos, luego de 12 horas de iteración para encontrar mejores soluciones, solver no logró bajar el GAP de un 3%. Cada vez que se llegaba a una solución a ese nivel de precisión, el proceso era detenido para registrar sus resultados y se daba este como el óptimo de dicho escenario.

10.1. Situación original real (resultados en base solo a información)

Antes de entregar la solución obtenida, es importante recapitular la situación real que enfrentó Oechsle al no contar con el modelo para la determinación del staff de ventas, estructurando así su dotación en base a percepciones del encargado de la tienda.

Entonces, de la información entregada por la compañía, se tiene que el mix de cajeros de la tienda analizada es:

- 23 trabajadores full time
- 7 trabajadores part time

Ambas cantidades fueron los valores promedio durante el año, ya que, en general hubo meses con cierta variación en magnitud y proporción entre ambos tipos de contrato. Un detalle importante de este mix, es que consideraba subtipos de contratos, considerando trabajadores full time que trabajaban 6 días por semana, mientras otros debían trabajar hasta 5. También consideraba subtipos de contratos part time, los cuales debían trabajar al menos 6 días (claramente en jornadas más cortas que las de los full

time), esta condición aportaba gran rigidez a los horarios creados, y por tanto empeora bastante el desempeño de la tienda, tal como se verá en este capítulo.

Con respecto al costo y rendimiento de un mix como este (entiéndase mix, como la combinación de trabajadores full time y part time, considerada en algún periodo, o algún escenario), se tiene que el costo de la nómina mensual es de:

$$23 \text{ ft} \times \$1.500 + 7 \text{ pt} \times \$750 = \$39.750 \text{ soles (11.760 USD aproximadamente)}$$

Ahora bien, al llevar este valor a un año, si se consideran costos administrativos y legales, se puede aproximar el gasto total de remuneraciones por este mix a:

$$16 \times \$39.750 = \$ 636.000 \text{ soles (\$188.000 USD aproximadamente)}$$

Con respecto al rendimiento del mix real del periodo, se tiene en base a la información otorgada por la compañía, que la tasa de inasistencia es de un 5% del tiempo (es decir que de cada 100 horas hombre propuestas, hubo 5 horas hombre no satisfechas dado que el trabajador no se presentó).

De un mismo análisis de la información de Oechsle, se tiene que la subdotación significó un 13% de las horas hombre requeridas, en las cuales, se pudo haber aumentado en la misma proporción el total de ventas. Análogamente, un 10% del tiempo, existió un exceso de personal, por lo que no se aprovechan algunas horas hombre, del total de horas contratadas.

Para cuantificar la pérdida de asociada al descalce entre oferta y demanda de las horas laborales, es necesario multiplicar la cantidad de horas laborales subdotadas, por el valor asociado a los beneficios obtenidos por generar las ventas de dicho periodo. Entonces este 13% de horas hombre no cubiertas (6700 horas hombre), representan una pérdida por:

$$7047 \text{ hh} \times \$40 = \$ 281.892 \text{ soles (\$83.154 USD aproximadamente)}$$

Entonces a modo de resumen, la situación original genera costos (en soles) por:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.272 horas
- Salarios = \$ 636.000
- Horas extra = No hay información
- Ventas perdidas = \$ 281.892
- Costo total = \$917.892 (\$270.765 USD aproximadamente)

10.2. Staff original optimizado (resultados en base a planificación optimizada)

Para poder realizar una comparación justa entre los resultados que pudo obtener la compañía con su planificación, versus los resultados esperados tras haber optimizado su dotación, a continuación se incluye un escenario ficticio que respeta el tamaño y proporción en el staff de cajeros. Una consideración que se debe tener en cuenta, es que aunque en este escenario se consideren 23 cajeros full time y 7 part time, el modelo de optimización sugiere siempre la eliminación de ciertos contratos que ofrecen poca flexibilidad, tales como el contrato full time 5x2 (solo se pueden trabajar 5 días por semana) y el contrato part time que exige trabajar 6 días en jornadas cortas.

La razón de la poca flexibilidad (y por tanto la eliminación de ciertos turnos), es que, dadas las características del contrato, como por ejemplo el total de horas semanales a trabajar o la cantidad mínima y máxima a trabajar en un día, disminuyen la cantidad de combinaciones de horarios, y por tanto la posibilidad de cubrir de mejor manera la demanda. Por ejemplo, si un trabajador solo puede trabajar 24 horas a la semana, y debe repartirlas entre seis días, la única posibilidad es que cada día trabaje 4 horas. En cambio si las mismas 24 horas pueden trabajarse en cinco días, existen más combinaciones de turnos para cubrir.

En resumen, este escenario mantiene la cantidad de trabajadores, pero optimiza los tipos de contrato a utilizar.

Al cuantificar los resultados de este escenario, se tiene que la nómina tiene el mismo valor que en la situación real:

$$23 \text{ ft} \times \$1.500 + 7 \text{ pt} \times \$750 = \$39.750 \text{ soles (11.760 USD aproximadamente)}$$

Con respecto al rendimiento y cobertura de este mix de cajeros, se tiene que el porcentaje de horas laborales no cubiertas es de 1,1%, este porcentaje representa anualmente un total de 596 horas de ventas perdidas.

$$596 \text{ hh} \times \$40 = \$ 23.840 \text{ soles (\$7032 USD aproximadamente)}$$

Sin embargo, es necesario también detallar el costo incurrido por la realización de horas extras no compensadas. A lo largo del año, hubo aproximadamente 997 horas extras no compensadas, que representan un 1,8% del total de horas requeridas. Al convertir estas horas en el costo asociado, se tiene un costo de \$ 10.469 soles.

Así entonces, el resumen de los resultados obtenidos con el mix original optimizado sería:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.272 horas
- Salarios = \$ 636.000
- Horas extra = \$ 10.469
- Ventas perdidas = \$ 23.840
- Costo total = \$ 670.309 (\$197.731 USD aproximadamente)

10.3. Dotación óptima

Una vez analizado los escenarios donde se respetaba el mix de cajeros contratados por la tienda, corresponde analizar los resultados del modelo optimizado, con la libertad de poder determinar el tamaño y composición del staff, en base a la información.

El principal resultado del modelo es la conformación del mix óptimo para las condiciones planteadas. Tras la ejecución del modelo, tras varias horas de iteración (cerca de 12 horas), el mix sugerido está compuesto por 15 trabajadores de tiempo completo y 20 de medio tiempo. En este escenario también fueron desestimados los subtipos de contrato, que se dejaron fuera en la ejecución anterior.

La primera impresión con respecto al mix sugerido, es que es bastante diferente al de la situación original. Sin embargo, esto último no es del todo cierto, ya que si bien la proporción entre trabajadores de tiempo completo y trabajadores de medio tiempo es bastante distinta (mix original: 23 ft y 7 pt, mix óptimo: 15 ft y 22 pt), la cantidad total de horas laborales disponibles es bastante similar. En el punto anterior se tenían 1272 horas semanales, mientras que en este escenario se tienen 1248, por tanto la diferencia es solo de 24 horas hombre por semana (la cantidad de horas se redujo menos de un 2%).

Tal como se realizó para el mix original, a continuación se incluye una estimación del costo anual por concepto de salarios de los cajeros contratados.

$$15 \text{ ft} \times \$1.500 + 22 \text{ pt} \times \$39.000 = \$39.000 \text{ soles (11.504 USD aproximadamente)}$$

Ahora bien, al llevar este valor a un año, si se consideran costos administrativos y legales, se puede aproximar el gasto total de remuneraciones por este mix a:

$$16 \times \$ 39.000 = \$ 624.000 \text{ soles (\$184.072 USD aproximadamente)}$$

Con respecto al rendimiento de cobertura de la demanda, el mix entregado por el modelo puede cubrir hasta un 99,1% la demanda, dejando así solo un 0,9% de horas hombre sin cubrir. Por tanto, a pesar de tener menos horas a disposición (ya que se

redujeron casi un 2%, la flexibilidad de las jornadas part time permite una mejor cobertura de la demanda. El costo de estas horas hombre sin cubrir (488 horas) sería de:

$$488 \text{ horas} \times \$40 = \$19.516 \text{ soles } (\$ 5.758 \text{ USD aproximadamente})$$

Sin embargo, es necesario también detallar el costo incurrido por la realización de horas extras no compensadas. A lo largo del año, hubo 1.054 horas extras no compensadas (alrededor de un 1,9% del total de horas requeridas), las cuales ponderadas por el valor hora hombre con sobrecargo, implican un costo de \$ 11.067 soles.

Así entonces, el resumen de los resultados obtenidos con el mix óptimo sería:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.248 horas
- Salarios = \$ 624.000
- Horas extra = \$ 11.067
- Ventas perdidas = \$ 19.516
- Costo total = \$ 654.583 (\$193.092 USD aproximadamente)

10.4. Cobertura de la demanda

Habiendo ya visto la proporción, tamaño y costos del mix óptimo encontrado, corresponde analizar su rendimiento para mejorar la cobertura de la demanda a lo largo del periodo analizado, es por esto que, a continuación se incluye una gráfica a modo de ejemplo, con los primeros 105 bloques horarios, que representarían los primeros 7 días del periodo de estudio.

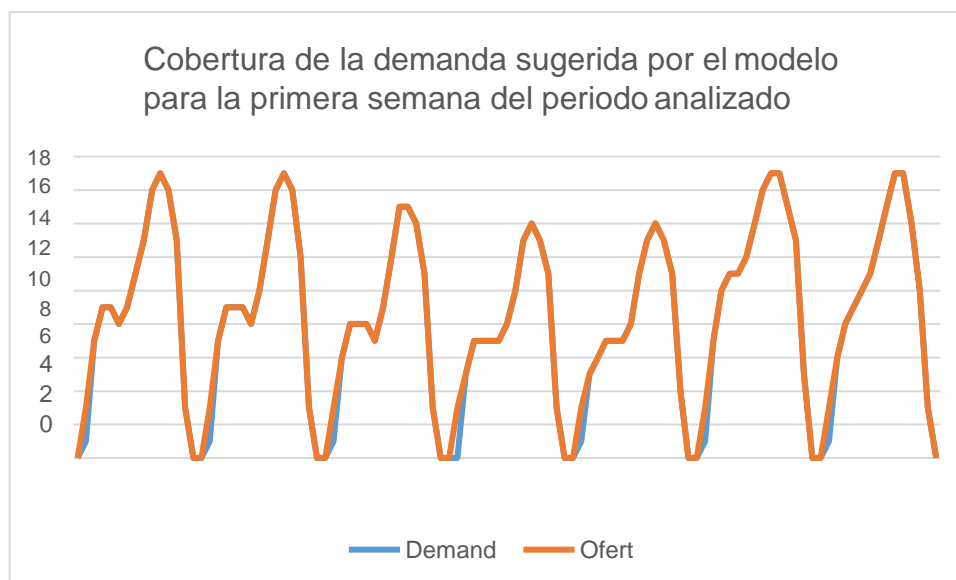


Ilustración 10: Cobertura de la demanda sugerida por el modelo
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos

En el gráfico anterior, se deja ver que la oferta, definida como la suma de trabajadores disponibles para atención de público, cubre con bastante precisión la curva que representa la demanda, durante este intervalo, a simple vista, solo se generó una diferencia notoria durante el inicio de cada día. La razón de este descalce entre oferta y demanda se debe a que el modelo trató de cubrir la demanda en su totalidad, mientras minimizaba el exceso de personal, sin embargo, dada las restricciones en los horarios posibles, se vio forzado a contar con más horas de las requeridas, para poder cubrir las horas demandadas posteriormente. De hacer un doble click en esta situación, también se percibe que la demanda es bastante pequeña durante las primeras horas de cada día, sin embargo, por operatividad de la tienda, se debe contar con cajeros suficientes para cubrir cada piso, aunque esta decisión no produzca beneficios.

Existen otras ocasiones, en donde o la flexibilidad o el staff contratado, no fue suficiente para lograr una buena cobertura, generándose situaciones donde la curva de cobertura no parece tan ajustada como en el ejemplo anterior.

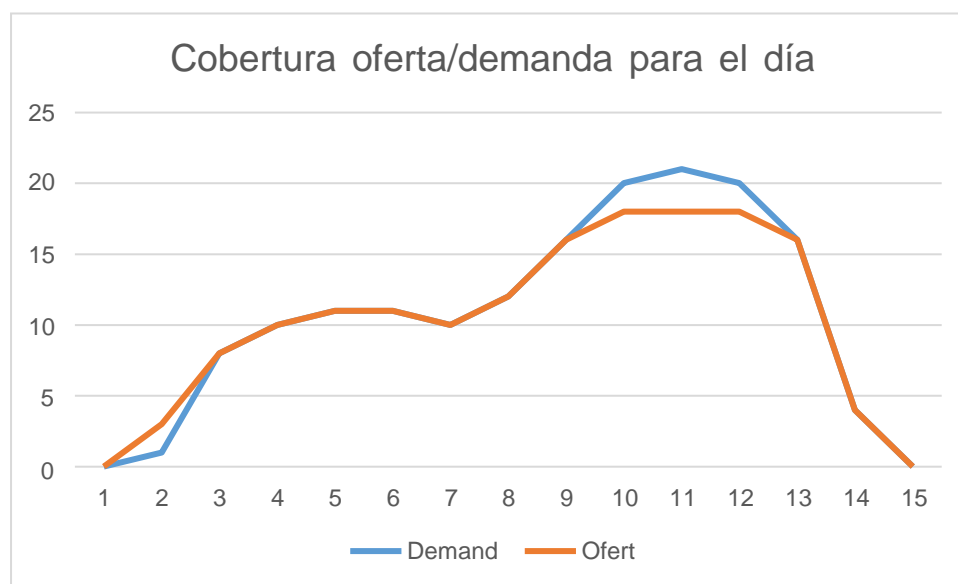


Ilustración 12: Cobertura de la demanda para el día número 120 del periodo analizado
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos

Por ejemplo en el gráfico que está justo arriba (Ilustración 12), se ve que la oferta de horas hombre sugerida para los bloques horarios comprendidos entre las 17:00 y las 21:00 (datos desde el bloque 9 hasta el 12), está por debajo de la demanda presupuestada.

Ahora bien, los gráficos anteriores mostraban situaciones fortuitas, a continuación una vista del panorama general del año.

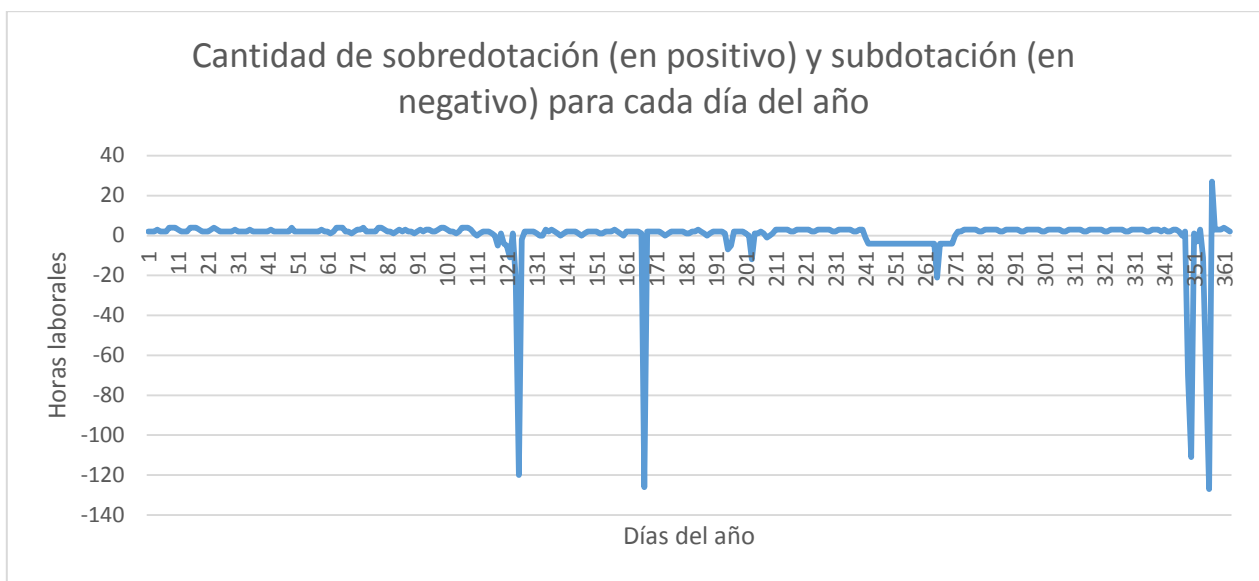
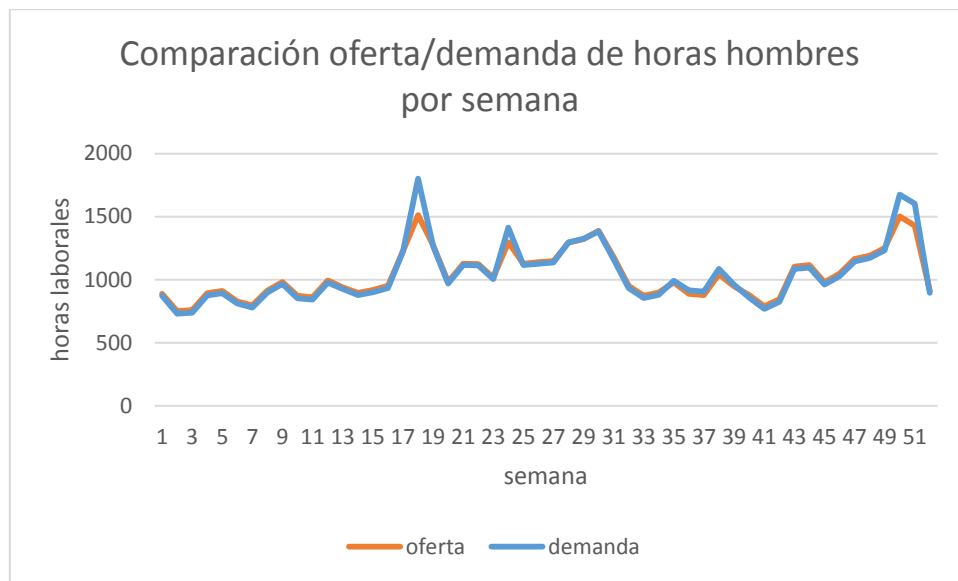


Ilustración 13: Sobredotación y subdotación para cada día del año 2016
 Fuente: Elaboración propia en base a los resultados

El gráfico no es de lo más claro, pero permite observar que el match entre oferta y demanda parece preciso, salvo en ciertos momentos aislados del año, donde se prevé un crecimiento explosivo de la demanda, llegando a valores imposibles de cubrir por el staff sugerido, esto se explica ya que, para poder cubrir toda esa demanda, habría que contratar un staff mayor, sin embargo, este crecimiento, involucra un mayor costo en el pago de salarios, que no alcanza a ser cubierto ni siquiera con la captura de toda la demanda perdida.

Es por esto, que para las semanas previas a los días de fiesta (día de la madre en mayo, fiestas patrias en julio, navidad en diciembre, etc.), los cuales coinciden con estos peak, es que se busca personal específico con contratos por un corto plazo, para reforzar la fuerza de ventas (cajeros extra) y agilizar el proceso (personal de empaque), permitiendo aumentar la capacidad de atención, sin perder calidad de servicio.

Para obtener una visión más clara de lo expuesto recién, se incluye a continuación un gráfico similar, pero con un nivel de agregación mayor, donde los puntos no representan días, sino que el total de cada semana, y no se muestra solo la brecha entre la oferta y la demanda, sino que se muestran las curvas totales de oferta y demanda.



*Ilustración 14: Cobertura de la demanda semana a semana
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos*

Las conclusiones son las mismas que las del gráfico anterior, sin embargo, esta figura, muestra con más claridad el comportamiento a través del tiempo, tanto de la demanda, como de la oferta.

La principal conclusión es la cobertura que tiene la oferta sobre la demanda, donde a grosso modo, hay un emparejamiento durante todo el año, salvo en las semanas asociadas a fechas especiales, donde el aumento de la demanda no alcanza a ser cubierto por el staff disponible.

Otro punto que se puede inferir del gráfico de arriba, es que la demanda oscila durante el año, pero se mantiene en torno a las 1.200 horas hombre semanales. Esto último, ofrece una buena aproximación de cuándo deberían programarse las vacaciones de los trabajadores idealmente. Este proceso de programación de vacaciones suele ser acordado con los trabajadores, pero es conveniente tener una visión general de cuándo resulta más conveniente que se lleven a cabo, para que el empleador pueda sugerir con antelación al trabajador.

Más específicamente, al mirar el gráfico anterior se puede concluir que durante las primeras 16 semanas, la demanda está en torno a las 900 horas hombre semanales, por lo tanto, si el mix sugerido tiene una disponibilidad de 1.200, hay una holgura de cerca de 300 horas que podrían destinarse para vacaciones de los trabajadores, esta cantidad podría aumentar si se aumentan las horas extras durante este periodo, en caso de ser requeridas.

Situación similar se tiene entre las semanas 32 y 46, donde la demanda promedio, está por debajo de la disponibilidad horaria del staff, por lo que podrían sugerirse las vacaciones de los trabajadores durante este periodo.

10.5. Creación de horarios

Si bien la creación de horarios o scheduling es un problema distinto al resuelto por el modelo desarrollado en este trabajo, es un problema que va ligado. Ya que la creación de horarios depende directamente del staff disponible, y la determinación del mix, carece de sentido, si no se logra aterrizar la solución entregada, a un nivel más operativo.

Tal como se mencionó anteriormente, Oechsle cuenta con un sistema computacional para la creación de horarios (Kronos Scheduler, que funciona de forma modular junto con un sistema que registra las actividades y asistencia de los trabajadores, en particular de los cajeros), por lo tanto se tomará esto como un problema ya resuelto, pero que de todas formas se relacionará con el modelo aquí desarrollado, pues este último entregará la cantidad óptima de cajeros para la posterior creación de horarios.

Sin embargo, puede que los resultados sean difíciles de leer o entender, por lo que a continuación se incluyen ejemplos de horarios creados manualmente en base a las respuestas obtenidas en la resolución del modelo, para ejemplificar el funcionamiento operativo tras la determinación táctica provista por el modelo. Es decir, a continuación se muestran horarios factibles que servirán como ejemplo, pero que a priori, no son óptimas.

10.5.1. Caso 1: Jornada full time

hora	xenjorn	descanso	hrextra	hrcomp	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
10:00	0	0	0	0												
11:00	3	0	0	0	x	x	x									
12:00	10	2	0	0	d	d	x	x	x	x	x	x	x	x		
13:00	10	3	0	0	x	x	d	d	d	x	x	x	x	x		
14:00	12	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15:00	12	2	0	0	x	x	x	x	x	d	d	x	x	x	x	x
16:00	12	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
17:00	12	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
18:00	12	2	0	0	x	x	x	x	x	x	x	d	d	x	x	x
19:00	12	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	d	x	x
20:00	12	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
21:00	12	2	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	d	d
22:00	5	0	0	0											x	x

Tabla 5: Creación manual de horarios full time para un día cualquiera
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos

En el Caso 1, se muestran a la izquierda, los resultados entregados por el modelo, para el personal de tipo full time, en este caso, solo las variables **xenjornada** y **descanso** tomaron valores positivos, esto implica que no hay ni horas extras ni compensadas para ese día.

Al lado derecho de la tabla, se encuentra una individualización de las horas a trabajar, que en este caso serán realizadas por 12 trabajadores full time, los cuales comienzan

y terminan sus jornadas laborales en distintos bloques horarios independientes entre sí. Notar que en amarillo y con una x, se marcan los bloques de trabajo activo, mientras en verde y con una d, los bloques destinados al descanso de los trabajadores.

10.4.2. Caso 2: Jornada part time

hora	xenjorn	descanso	hrextra	hrcomp	P1	P2	P3	P4	P5	P6
10:00	0	0	0	0						
11:00	2	0	0	0	x	x				
12:00	2	0	0	0	x	x				
13:00	2	0	0	0	x	x				
14:00	2	0	0	0	x	x				
15:00	2	2	0	0	d	d				
16:00	2	0	0	0	x	x				
17:00	6	0	0	0	x	x	x	x	x	x
18:00	6	3	0	0	x	x	d	d	d	x
19:00	6	1	0	0	x	x	x	x	x	d
20:00	6	0	0	0	x	x	x	x	x	x
21:00	6	0	0	0	x	x	x	x	x	x
22:00	3	0	0	0				x	x	x

Tabla 6: Creación manual de horarios part time para un día
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

El caso de la jornada de un día para los trabajadores part time no tiene diferencias relevantes o de forma con el Caso 1, el cual representaba una jornada sin horas extras ni compensación.

10.4.3. Caso 3: Jornada full time con horas extra

hora	xenjorn	descanso	hrextra	hrcomp	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
10:00	0	0	0	0									
11:00	0	0	0	0									
12:00	4	0	0	0	x	x	x	x					
13:00	4	0	1	0	x	x	x	x	hx				
14:00	9	4	0	0	d	d	d	d	x	x	x	x	x
15:00	9	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:00	9	4	0	0	x	x	x	x	d	d	d	d	x
17:00	9	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
18:00	6	1	0	0				x	x	x	x	x	d
19:00	6	0	0	0				x	x	x	x	x	x
20:00	6	0	0	0				x	x	x	x	x	x
21:00	5	0	0	0					x	x	x	x	x
22:00	1	0	0	0								x	

Tabla 7: Creación manual de horarios full time para un día con horas extra
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

El Caso 3 incluye la misma simbología que los casos anteriores, salvo que tiene una particularidad. En este caso, el modelo sugirió que se realizará una hora extra (señalada en rojo y con **hx**). Notar que en este caso se decidió asignársela a **P5**, pero pudo ser asignada a cualquiera de las otras personas que iniciaron su jornada con este trabajador.

10.4.4. Caso 4: Jornada full time con compensación de horas

hora	xenjorn	descanso	hrextra	hrcomp	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
10:00	1	0	0	0	x								
11:00	3	1	0	0	d	x	x						
12:00	6	2	0	0	x	d	d	x	x	x			
13:00	6	0	0	0	x	x	x	x	x	x			
14:00	6	0	0	0	x	x	x	x	x	x			
15:00	6	2	0	0		x	x	d	d	x	x		
16:00	6	2	0	0		x	x	x	x	d	d	x	x
17:00	6	2	0	0		x	x	x	x	x	x	d	d
18:00	6	0	0	0				x	x	x	x	x	x
19:00	6	0	0	0				x	x	x	x	x	x
20:00	6	0	0	0				x	x	x	x	x	x
21:00	6	0	0	0				x	x	x	x	x	x
22:00	6	0	0	3				hc	hc	hc	x	x	x

Tabla 8: Creación manual de horarios full time para un día con compensación de horas
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Finalmente, el último caso que se diagramó, es una jornada de un día, en el cual se realiza compensación de horas, la cual está simbolizada con color naranja y las letras **hc** en la casilla correspondiente.

10.6. Beneficios estimados

A continuación se incluye de forma gráfica y detallada, la diferencia en costos estimados, que implica aplicar esta solución, respetando la cantidad de trabajadores de cada tipo, y el beneficio de brindarle libertad al modelo, sobre ese punto.

Escenario	Salarios	Ventas perdidas	Costo extra	Costo total
situación real	\$ 636.000	\$ 281.892	-	\$ 917.892
mix original	\$ 636.000	\$ 23.852	\$ 10.469	\$ 670.321
mix optimo	\$ 624.000	\$ 19.516	\$ 11.067	\$ 654.583

Tabla 9: Comparación de ahorros estimados (todas las cifras están en soles)
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Para dimensionar los ahorros estimados que se obtuvieron, se incluyen los siguientes gráficos, que entre otras cosas, permiten dimensionar el ahorro esperado y muestran porcentualmente los ahorros de cada ítem para los distintos escenario (no se incluye un gráfico asociado a las horas extras, ya que no se cuenta con la información de las horas extras generadas en el escenario real).

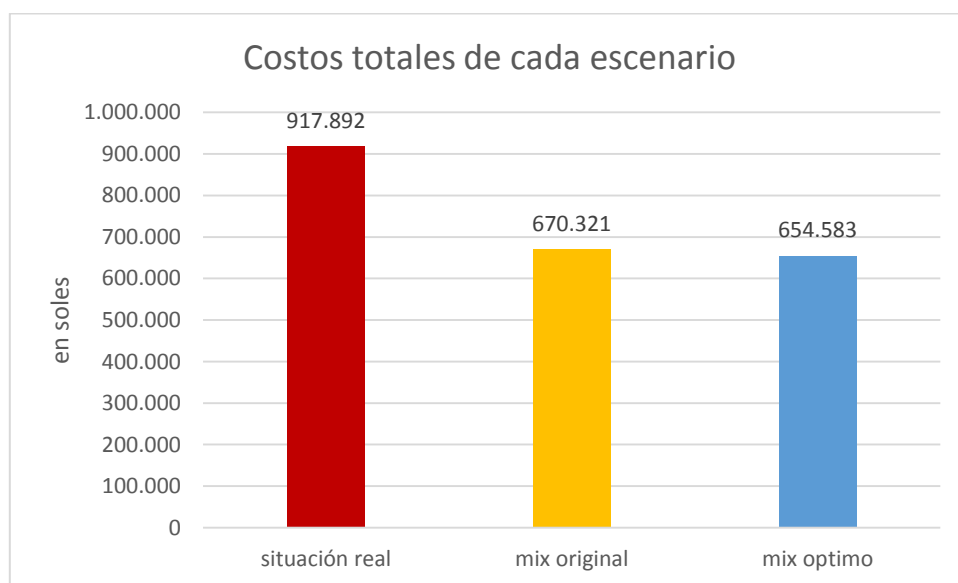


Ilustración 15: Ahorro estimados para los escenarios estudiados
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

situación	salarios	ventas perdidas
situación real	0%	0%
mix original	0%	92%
mix optimo	2%	93%

*Tabla 10: Ahorros estimados en relación a la situación original
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos*

En la tabla anterior, se puede ver como el ahorro estimado en el ítem de salarios (es decir por reducción del valor de la nómina de cajeros), es de un 2%, por lo que no parece un valor relevante y de hecho no alcanza el objetivo planteado en el capítulo 5 de este documento. Sin embargo, el ahorro generado por una mejor cobertura de la demanda es más significativo porcentualmente, superando un 90% de ahorro en ambos casos de optimización.

Finalmente y para cerrar este punto, se declara un beneficio estimado de \$ 247.571 soles (unos USD 73 mil aproximadamente) en el escenario donde se dejó fija la cantidad de contratos, pero algunos fueron reemplazados por uno similar (en particular se sustituyeron los contratos full time 5x2, por los full time 6x1). Análogamente, se estima un beneficio de \$ 263.309 soles (unos USD 77.6 mil aproximadamente) cuando se permite cambiar la cantidad de contratos.

Capítulo 11

Análisis de Sensibilidad

Sin bien el mix óptimo de cajeros entregado por el modelo que se desarrolla en este trabajo, tiene la particularidad de estar basado en información concreta de un caso real, por lo que debiese ser una buena representación de la realidad y los espacios de mejora que tiene la operación de la tienda, siempre existe la posibilidad de que uno de los supuestos de la creación del modelo, no sea del todo cierto, o que sea variante en el tiempo, por lo que es necesario analizar, qué tan robustas son las soluciones frente a posibles cambios. Por lo tanto a continuación se incluyen los principales resultados de algunas versiones secundarias del modelo, que incluyen cambios en las restricciones o en los parámetros.

Antes de continuar con el análisis se repasará de forma general, el efecto que tendría en el mix de cajeros, una serie de posibles cambios en los valores.

11.1. Pre análisis de sensibilidad

Correlación Parámetro/variable	staff ft	staff pt
DEMANDA	+	+
SALARIOS ft	-	+
SALARIOS pt	+	-
LARGOMEN ft	+	-
LARGOMEN pt	-	+
LARGOSEM ft	+	-
LARGOSEM pt	-	+
COTASUP ft	+	-
COTASUP pt	-	+
COTAINF ft	-	+
COTAINF pt	+	-
DIASLAB ft	+	-
DIASLAB pt	-	+
CTOUNDER	+	+
CTOOVER	-	-

Tabla 11: Correlación entre variables y parámetros para análisis de sensibilidad
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

La tabla de Correlación Parámetro/variables, es un resumen del sentido de los cambios generados en el mix óptimo, en función de un cambio en la magnitud de los parámetros. Claro está, que este sentido de cambio no es obligatoriamente así, puesto que un cambio en los parámetros podría no producir ningún cambio en el mix entregado por el modelo, pero si entrega una buena idea de qué debería pasar.

Esta tabla también puede resultar útil al replicar la aplicación del modelo en otras tiendas de Oechsle, ya que los parámetros no tienen por qué ser los mismos entre distintas tiendas.

11.2. Ajuste en el costo de subdotación

Uno de los parámetros que quedó determinado por algunos supuestos del proceso y los resultados transacciones de la compañía, es el costo asociado a las ventas perdidas por subdotación. Por lo tanto uno de los parámetros que será interesante de estudiar en este análisis de sensibilidad es este costo denominado **CTOUNDER**.

Recordar que este parámetro está determinado por la probabilidad de cerrar una venta, multiplicada por el beneficio de lograr la venta, beneficio calculado como la diferencia entre el precio de venta y costo de adquisición.

Los ajustes de este parámetros podrían estar explicados por varios factores, entre ellos una disminución del margen entre precio y costo de los productos, o también podría estar determinado por cambiar el supuesto de que un cliente que no es atendido en el momento, y considerar la posibilidad de que cierto porcentaje de los clientes están dispuestos a esperar por ser atendidos, así el costo de subdotación queda determinado por la diferencia entre precio y costo, multiplicada por la diferencia entre las probabilidades de cerrar una venta con espera y sin espera por parte del cliente.

11.2.1. CTOUNDER disminuido en 10%

El mix resultante de disminuir este parámetro queda definido por 13 trabajadores de tiempo completo y 20 de medio tiempo. Esta reducción tiene sentido, ya que disminuyen los incentivos a cubrir la demanda, manteniendo constante los costos asociados al pago de salarios. Este mix tiene un valor mensual base asociado al pago de salarios, de:

$$13 \text{ ft} \times \$1.500 + 22 \text{ pt} \times \$750 = \$36.000 \text{ soles (10.650 USD aproximadamente)}$$

Al anualizar este valor, tal como se hizo anteriormente, se obtiene un total anual de:

$$16 \times \$36.000 = \$576.000 \text{ soles (170.400 USD aproximadamente)}$$

Con respecto a la cobertura de la demanda con el mix sugerido bajo este escenario, el porcentaje de horas hombre en exceso, es decir la sobredotación, es de 1,5%, mientras que el análogo, la subdotación es de 3,2%. Este porcentaje tiene como consecuencia un costo mensual (asociado a las 1.735 horas hombre de déficit) igual a:

$$1.735 \text{ horas} \times \$36 = \$62.450 \text{ soles (18.476 USD aproximadamente)}$$

Por último, el costo asociado al pago de las 1.192 horas extras sin compensar, es de:

$$1.192 \text{ horas} \times \$10,5 = \$12.516 \text{ soles (3.703 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, este escenario, cuyo mix óptimo queda determinado por 13 trabajadores de tiempo completo y 22 de media jornada.

- Horas hombre semanales disponibles = 1.152 horas
- Salarios = \$ 576.000
- Horas extra = \$ 12.516
- Ventas perdidas = \$ 62.450
- Costo total = \$650.966 (\$ 192.593 USD aproximadamente)

11.2.2. CTOUNDER disminuido en 20%

El mix resultante de esta disminución, queda definido por 13 trabajadores de tiempo completo y 18 de medio tiempo. Esta reducción tiene sentido, ya que disminuyen los incentivos a cubrir la demanda, manteniendo constante los costos asociados al pago de salarios. Este mix tiene un valor mensual base asociado al pago de salarios, de:

$$13 \text{ ft} \times \$1.500 + 18 \text{ pt} \times \$750 = \$33.000 \text{ soles (9.763 USD aproximadamente)}$$

Al anualizar este valor, tal como se hizo anteriormente, se obtiene un total anual de:

$$16 \times \$33.000 = \$528.000 \text{ soles (156.213 USD aproximadamente)}$$

Con respecto a la cobertura de la demanda con el mix sugerido bajo este escenario, el porcentaje de horas hombre en exceso, es decir la sobredotación, es de 1,5%, mientras que el análogo, la subdotación es de 4,0%. Este porcentaje tiene como consecuencia un costo mensual (asociado a las 2.168 horas hombre de déficit) igual a:

$$2.168 \text{ horas} \times \$32 = \$69.389 \text{ soles (20.529 USD aproximadamente)}$$

Por último, el costo asociado al pago de las 1.392 horas extras sin compensar, es de:

$$1.392 \text{ horas} \times \$10,5 = \$ 14.616.000 \text{ soles (4.324 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, este escenario, cuyo mix óptimo queda determinado por 13 trabajadores de tiempo completo y 16 de media jornada tiene un costo de:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.056 horas
- Salarios = \$ 528.000
- Horas extra = \$ 14.616
- Ventas perdidas = \$ 69.389
- Costo total = \$612.005 (\$ 181.067 USD aproximadamente)

Como era de esperarse, el costo total va disminuyendo a medida que disminuye el valor del parámetro asociado a uno de los costos. Sin embargo, la configuración del mix sigue tendiendo a aumentar la cantidad de trabajadores de media jornada, por sobre los trabajadores de tiempo completo, con respecto de la configuración real, con la que contó la tienda durante el 2016.

11.3. Ajuste en la demanda

Otro de los parámetros que se basa en un supuesto, es la demanda, ya que este parámetro se consideró como determinístico en base a los pronósticos que realiza la compañía. Por tanto se evaluará la posibilidad de que el pronóstico esté equivocado, debido a una mala técnica utilizada en su estimación.

Una de las opciones disponibles para ajustar este parámetro, es darle una variabilidad aleatoria y ajustar entonces la demanda. Sin embargo, esta variabilidad aleatoria no tendría ninguna implicancia de utilidad, pues aunque se encontrara un nuevo mix, este estaría basado en una demanda ajustada sin ningún patrón, por lo que sería fútil.

Otra opción para ajustar el parámetro asociado a la demanda, es aumentarla o disminuirla consistentemente, para ver las implicancias de tener un pronóstico demasiado favorable o muy poco. Si se toma en cuenta la información histórica de la compañía, se infiere un aumento gradual en las ventas, por lo tanto debe existir también un aumento en la demanda a lo largo del tiempo.

Es así, como se optó por crear un escenario donde la demanda es 20% mayor a la pronosticada con Oechsle. Esto permite evaluar, qué tan lejos estarían los mix óptimos de la situación normal y la situación con la demanda aumenta.

Entonces, tras aplicar este ajuste en la demanda, el mix obtenido por el modelo es de 16 trabajadores de tiempo completo y 23 de media jornada, el cual es consistente con los resultados de escenarios anteriores, pero considera un staff mayor, dado que la demanda a cubrir, también es mayor.

Este staff, considera 1.320 horas hombre disponibles para atención a público, y tendría un costo mensual de:

$$16 \text{ ft} \times \$1.500 + 23 \text{ pt} \times \$750 = \$41.250 \text{ soles (12.204 USD aproximadamente)}$$

Al anualizar este valor, tal como se hizo anteriormente, se obtiene un total anual de:

$$16 \times \$39.000 = \$660.000 \text{ soles (195.266 USD aproximadamente)}$$

Con respecto al desempeño de cobertura de demanda, se tiene que hay un 1,3% de horas hombre de sobredotación, mientras que la subdotación llega a 3,5% de las horas hombre presupuestas. Este aumento en la subdotación se explica ya que los periodos con peak de demanda no cubierta, aumentan en mayor medida dado el ajuste porcentual de aumento de demanda de este escenario.

Dicho 3,5% de subdotación se traduce en 2.277 horas hombre sin cubrir, las cuales tienen un costo de:

$$2.277 \text{ horas} \times \$40 = \$91.073 \text{ soles (26.945 USD aproximadamente)}$$

Mientras que las horas extras no compensadas durante el año para este escenario alcanzan las 2987, por tanto el costo de pagar dichas horas es de:

$$2987 \text{ horas} \times \$10,5 = \$31.364 \text{ soles (9.279 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, el resumen de los costos de este escenario es el siguiente:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.320 horas
- Salarios = \$ 660.000
- Horas extra = \$ 31.364
- Ventas perdidas = \$ 91.073
- Costo total = \$782.436 (\$ 231.490 USD aproximadamente)

11.4. Aumento en los salarios de un 10%

Hasta ahora solo se han evaluado cambios producto del comportamiento de compra de los clientes (variación en la conversión y en la demanda), pero también es importante evaluar posibles cambios internos, que puedan modificar la solución encontrada por el modelo, ya sea por decisiones propias o legislativas. Por tanto, se incluyen a continuación los resultados obtenidos tras un aumento de un 10% en los salarios.

El mix de cajeros sugerido por el modelo en este escenario fue de 13 cajeros full time y 22 cajeros de media jornada. Este mix tiene un valor mensual base asociado al pago de salarios, de:

$$13 \text{ ft} \times \$1.650 + 22 \text{ pt} \times \$825 = \$39.600 \text{ soles (11.716 USD aproximadamente)}$$

Al anualizar este valor, tal como se hizo anteriormente, se obtiene un total anual de:

$$16 \times \$39.600 = \$633.600 \text{ soles (187.456 USD aproximadamente)}$$

Con respecto a la cobertura de la demanda con el mix sugerido bajo este escenario, el porcentaje de horas hombre en exceso, es decir la sobredotación, es de

1,2%, mientras que el análogo, la subdotación es de 3,5%. Este porcentaje tiene como consecuencia un costo mensual (asociado a las 1.897 horas hombre de déficit) igual a:

$$1.897 \text{ horas} \times \$40 = \$75.894 \text{ soles (22.454 USD aproximadamente)}$$

Por último, el costo asociado al pago de las 1.253 horas extras sin compensar, es de:

$$1.253 \text{ horas} \times \$11,55 = \$ 14.472.000 \text{ soles (4.282 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, este escenario, cuyo mix óptimo queda determinado por 13 trabajadores de tiempo completo y 22 de media jornada, tiene un costo de:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.056 horas
- Salarios = \$ 633.600
- Horas extra = \$ 14.472
- Ventas perdidas = \$ 75.894
- Costo total = \$ 723.966 (\$ 214.191 USD aproximadamente)

De los resultados obtenidos se ve como un aumento en los salarios provoca una disminución en la cantidad de trabajadores, una caída en la cobertura de la demanda, y un aumento de las horas extras realizadas.

11.5. Regulación en las horas extra

Uno de los grandes supuestos que se aplicó en el modelo, fue la inclusión de las horas extras como una sugerencia que se acepta con total seguridad por parte del trabajador. Este supuesto se contrastó con la compañía, la cual informó que por lo general las horas extras propuestas son siempre aceptadas por los trabajadores. Sin embargo, pese a que empíricamente es supuesto es sólido, existe la posibilidad de que a futuro, esto no sea así, y los trabajadores comiencen a no mirar tan favorablemente las horas extras, y por tanto comiencen a no aceptarlas, generando un descalce mayor entre la oferta y la demanda presupuestada.

A continuación se incluyen cuatro casos estudiados. En primer lugar se evaluará el caso en que no se acepten las horas extras sugeridas, ni en el mix original (optimizado) ni en el mix óptimo encontrado. En segundo lugar se evaluará el caso en que solo el 50% de las horas extra sean aceptadas, para los mismos mix anteriores. Este análisis permitirá evaluar qué tan robusta o no, es la solución frente al cambio propuesto.

11.5.1. Mix original sin horas extra

En este escenario, el valor de la nómina es el mismo que para el caso en que se aceptaban las horas extra, el valor asociado a las horas extras por pagar es cero ya que no se realizan y finalmente, el costo asociado a las ventas perdidas (1.301 horas laborales no cubiertas) es de:

$$1.301 \text{ horas} \times \$40 = \$52.042 \text{ soles (15.397 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, el resumen de los resultados de este escenario, es el siguiente:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.272 horas
- Salarios = \$ 636.000
- Horas extra = \$ 0
- Ventas perdidas = \$ 52.042
- Costo total = \$ 688.042 (\$ 203.563 USD aproximadamente)

11.5.2. Mix óptimo sin horas extra

Análogo al caso anterior, se hizo la misma evaluación, pero en base al mix de cajeros optimizado completamente por el modelo, es decir con 15 cajeros full time y 22 cajeros de medio tiempo. El valor de la nómina será el mismo que en el caso original, y el costo asociado a las horas extra es cero, ya que no son aceptadas. Por último, el costo asociado a las ventas perdidas (1.193 horas laborales no cubiertas) es de:

$$1.193 \text{ horas} \times \$40 = \$ 47.705 \text{ soles (14.114 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, el resumen de los resultados de este escenario, es el siguiente:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.248 horas
- Salarios = \$ 624.000
- Horas extra = \$ 0
- Ventas perdidas = \$ 47.705
- Costo total = \$ 671.705 (\$198.729 USD aproximadamente)

11.5.3. Mix original con 50% de horas extra aceptadas

Para este escenario, se aplicó una pequeña variación en el modelo, que consiste en aplicarle un factor de 0.5 a la variable que representa las horas extra. Así, cada vez que se realice una hora extra, esta solo cubrirá la demanda un 50% de las veces, y se añadirá solo un 50% de su costo. Notar que esta es una aproximación, y por esta vez no se ha considerado heterogeneidad en las horas extras, lo que podría provocar que por ejemplo las horas extra sugeridas se rechazaran más frecuentemente en ciertos días o momentos del día.

El valor de la nómina es igual al del escenario inicial, mientras que el costo de las horas extra generadas (503 horas) es el siguiente:

$$503 \text{ horas} \times \$ 10,5 = \$5.282 \text{ soles (1.563 USD aproximadamente)}$$

Por otra parte, la cantidad de horas laborales no cubiertas es igual a 1.111 horas, lo que se traduce en un costo de:

$$1.111 \text{ horas} \times \$ 40 = \$ 44.452 \text{ soles (13.152 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, el resumen de los resultados de este escenario es:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.272 horas
- Salarios = \$ 636.000
- Horas extra = \$ 5.282
- Ventas perdidas = \$ 44.452
- Costo total = \$ 685.724 (\$ 202.880 USD aproximadamente)

11.5.4. Mix óptimo con 50% de horas extra aceptadas

En este caso, se tiene un valor nómina igual al obtenido en el escenario donde se aceptaron todas las horas extra. Mientras que las 527 horas extra generadas y aceptadas, tienen un valor igual a:

$$527 \text{ horas} \times \$ 10,5 = \$ 5.534 \text{ soles (1.637 USD aproximadamente)}$$

Con respecto a la cobertura, en este escenario hay un total de 922 horas laborales que no pudieron ser cubiertas, por lo tanto hay un costo de subdotación igual a:

$$922 \text{ horas} \times \$ 40 = \$ 36.863 \text{ soles (10.906 USD aproximadamente)}$$

Por tanto, el resumen de la evaluación de este escenario, es la siguiente:

- Horas hombre semanales disponibles = 1.248 horas
- Salarios = \$ 624.000
- Horas extra = \$ 5.534
- Ventas perdidas = \$ 36.863
- Costo total = \$ 666.396 (\$197.159 USD aproximadamente)

Para terminar este capítulo, es importante mencionar que pese a la utilización de los mismos indicadores para los distintos escenarios, estos no son comparables entre sí de forma directa, ya que al suponer variaciones de los parámetros en cada escenario, los costos tomarán mayor o menor relevancia. Por tanto se incluye a continuación una tabla resumen con un análisis de sensibilidad.

Escenario	Nómina	Costo understaffing	Costo de horas extra	Costo total
mix original	2%	22%	-5%	2%
mix óptimo	0%	0%	0%	0%
CTOUNDER -10%	-8%	220%	13%	-1%
CTOUNDER -20%	-15%	256%	32%	-7%
DEMANDA +20%	6%	367%	183%	20%
SALARIOS +10%	2%	289%	31%	11%
mix original sin hx	0%	118%	-100%	3%
mix optimo sin hx	0%	144%	-100%	3%
mix original 50% hx	0%	86%	-50%	2%
mix óptimo 50% hx	0%	89%	-50%	2%

Tabla 12: Cuadro resumen de variabilidad de costos en función de los distintos escenarios estudiados

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Notar que los porcentajes son en comparación al escenario llamado mix óptimo, el cual es el escenario natural, donde se le dio la libertad al modelo, para poder sugerir la cantidad de trabajadores de cada tipo. Excepcionalmente a esto, los escenarios donde se restringen las horas extra, pero se respeta el mix original, se comparan con el escenario de mix original, esto, para evaluar el impacto directo del rechazo de las horas extra.

De la tabla 12, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- De la variabilidad en función de disminuciones en el parámetro CTOUNDER, la disminución en los costos es porcentualmente menor que la variación del parámetro. Por lo tanto la reducción del costo asociado al pago de salarios, no es suficiente para cubrir la pérdida generada por el aumento en las ventas perdidas, producto de tener un staff más reducido.
- De la variabilidad en función de la demanda, se tiene un aumento directamente proporcional. Mientras el valor de la nómina aumenta en una pequeña proporción, el costo asociado a las ventas perdidas por el aumento en la demanda, es varias veces mayor que el aumento de la demanda en sí, porcentualmente hablando.
- Al aumentar los salarios, se tiene una repercusión importante, ya que este aumento provoca que la fuerza laboral disminuya (para compensar el costo de contratar a cada empleado), pero además, esta disminución provoca que aumenten las ventas perdidas y el costo asociado a las horas extra.
- De los escenarios donde se restringió la cantidad de horas extras, se tienen conclusiones similares en todos los casos. Un aumento importante en el costo asociado a las ventas perdidas, y por supuesto una disminución en el costo asociado al pago de horas extras.

Capítulo 12

Conclusiones

12.1. Conclusiones generales

En este trabajo se desarrolló un modelo de optimización, para determinar el tamaño óptimo de parte de la fuerza laboral de una cadena de retail, para la elaboración del modelo fue necesario contar con la información de los costos involucrados en el proceso, las oportunidades de disminuir estos y las características asociadas a la forma que tiene el problema, es decir su contexto. Si bien el modelo permite dimensionar el staff óptimo que debería considerar la compañía, tiene una externalidad en su resolución, y es que puede ser una guía para la creación de turnos y planificación de horarios, las cuales son la fase operativa en la gestión de recursos humanos.

La resolución de este tipo de problemas, si bien tiene muchos posibles enfoques, encontrando diversos algoritmos o formas de resolución, es aún un espacio donde hay mucho que explorar, debido a la complejidad computacional que tiene este tipo de problemas que implican decisiones combinatoriales.

Un ejemplo de esto, es que pese a que en este modelo, al utilizar solo variables enteras, en vez de las clásicas variables binarias que se utilizan en el común de los modelos para creación de horarios, permite una reducción importante de variables y restricciones (ya que en cada instante de decisión, este modelo escoge un número entero, en vez de una combinación de unos y ceros del tamaño del entero, como lo hacen los modelos clásicos de scheduling) al tomar un enfoque distinto al que se encuentra en la mayoría de los trabajos.

Sin embargo, el tiempo de resolución aumentó drásticamente al incorporar en las variables de decisión, los horarios de descanso o refrigerio, y las horas extra junto a las compensadas, cuestiones que son fundamentales a la hora de armar una nómina de trabajadores, pero que sin embargo, suelen no estar incluidos en los modelos de programación más utilizados para resolver estos problemas.

12.2. Conclusiones en base a los resultados

Con la ejecución del modelo bajo distintos escenarios, se obtuvieron distintos mix óptimos (o combinaciones de trabajadores según tipo de contrato). Estas combinaciones resultaron ser la mejor opción en cada caso, para la disminución de los costos operativos de venta de la tienda estudiada.

El principal resultado, es el mix generado para el escenario base, donde se obtuvo una combinación de 15 cajeros full time y 22 cajeros part time, en vez de la combinación de 23 full time y 7 part time, con los que contó la tienda en realidad. Respecto a las distintas combinaciones que podría haber, queda expuesto, que, más importante que la disponibilidad total de horas hombre para la atención de público, es fundamental la flexibilidad en las jornadas de trabajo, para evitar los periodos de subdotación o sobredotación.

Es entonces donde cada tipo de contrato tiene un punto a favor, mientras que por un lado los trabajadores de tiempo completo, pueden realizar horas extras a granel, con las cuales es más fácil calzar a la perfección oferta y demanda, a cambio de un recargo en el costo de sus horas laborales. Por el otro lado están los trabajadores de media jornada, los cuales por un mismo valor hora hombre, pueden acomodar mejor sus jornadas gracias a la libertad de empezar una jornada laboral diaria, en cualquier momento del día.

Los resultados obtenidos, dejaron fuera en todo momento a trabajadores de un tipo de contrato full time (los de tipo fulltime5x2) y de un tipo de contrato part time (los de tipo parttime3x8), esto debido a que matemáticamente, no existe ningún incentivo a contar con trabajadores con jornadas más restrictivas, por tanto estos trabajadores no tuvieron espacio en el modelo. En la práctica si existen este tipo de trabajadores, es importante, analiza si su presencia es un tema de conflictos contractuales con grupos organizados, o más bien un capricho en algún nivel de la compañía.

12.3. Conclusiones en base a los objetivos

El objetivo principal de reducción de costos asociados a la fuerza de ventas fue el eje central del trabajo, tal como se declaró en el capítulo dedicado a los objetivos. En dicho capítulo, se estableció como foco, la disminución de un 5% en el valor de la nómina de salarios, y una reducción de un 50% de las ventas perdidas debido a déficit de cajeros. Entonces, tras la ejecución del modelo, se tienen los siguientes resultados:

- Los salarios correspondiente al mix real del periodo 2016, alcanzan un valor de \$ 636 mil soles, y con el mix óptimo sugerido por el modelo, este valor cae a \$ 624 mil soles. Por tanto la diferencia entre ambos conceptos es de \$ 12 mil soles (que equivale al 2% del valor de la nómina inicial), y en dólares sería algo así como \$ 3.500 USD de ahorro en salarios. Por tanto, la pretensión de reducir el valor de la nómina en un 5%, que tenía relación con reducir la sobredotación existente, no tiene sentido, ya que se estaría incurriendo en una pérdida mayor, debido a la perdida de ventas.
- Por otra parte, el porcentaje de horas hombre deficitarias en un inicio, era de un 13%, que a través del modelo se pudo reducir a 1,1% de eliminar contratos que no poseen ningún beneficio por sobre los demás, y a un 0,9%, de permitir libertad a la hora de sugerir la cantidad de trabajadores. Ambos escenarios son más

favorables que el 50% de reducción de ventas perdidas que se esperaban. Monetariamente estos escenarios generarían un ahorro estimado de \$ 247.570 y \$ 263.309 soles, respectivamente.

Capítulo 13

Recomendaciones para Trabajos Futuros

La recomendación principal para los trabajos siguientes, es tomar en cuenta la naturaleza del problema, para abordarlo desde dos puntos de vista, que si bien son distintos, deben trabajar en conjunto. Esto permitirá encontrar óptimos más precisos, a través de una optimización del staff y los horarios en dos etapas. Esto es, la utilización de un modelo para determinar el staff (como el que se utilizó en este trabajo) y un modelo o sistemas, que permita la creación de horarios de los trabajadores de forma individualizada.

El beneficio de la aplicación de ambos modelos en conjunto, es que el segundo tipo de modelo, suele tener una complejidad computacional demasiado grande, por lo que se atacan problemas parcelados, dejando de lado, óptimos globales, y la interrelación temporal de ciertas variables. Entonces la aplicación del primer modelo, permite acotar las soluciones y sirve de guía para la planificación de horarios óptimos.

Aparte de la recomendación anterior, sería interesante estudiar el pronóstico de la demanda, que en este caso se tomó como un dato determinístico, dada la sugerencia de la compañía. Sin embargo, de manejar la suficiente información (demanda histórica de periodos anteriores, variabilidad por fechas especiales y otros factores que generan cambios en la curva de demanda), se podría ampliar el trabajo, incluyendo un análisis estadístico, con ciertos niveles de significancia a identificar, para probar la robustez o no, de la solución propuesta por el modelo.

Adicionalmente, se podría estudiar el comportamiento de la curva de demanda, en función del tráfico de los clientes dentro de las tiendas. Esto permitiría, comprender la relación entre la tasa de conversión y la disponibilidad de cajeros para atender al público, ya que en ciertas ocasiones se utilizan solo las transacciones realizadas y/o cantidad de productos comprados como información para pronosticar la demanda. Sin embargo, si se observa con detenimiento, dicha cantidad de compras o transacciones, podrían ser un dato sesgado por un mal staff de cajeros. Es decir, en el caso de que en periodos anteriores, un cierto porcentaje de clientes haya decidido no comprar, producto de que encontraron cajas demasiado llenas, o sin personal para atender, este porcentaje de clientes no aparecerá como dato para pronosticar demanda, arrastrando hacia el futuro, una cantidad de ventas perdidas que no fueron consideradas en el presente.

Finalmente, para trabajos futuros podrían incluirse algunos factores que impactan en el desempeño del personal de ventas incluido en este trabajo. Algunos factores son:

- Diferencias en la calidad de servicio entre los distintos tipos de trabajadores, esto se traduce en un mayor o menor desempeño de ciertos trabajadores por sobre otros, ya sea por un mayor compromiso con la empresa, más experiencia en el trabajo, mayor desgaste por jornadas más largas, entre otros motivos. En el modelo, esto podría verse reflejado con un factor que se aplique a las variables de oferta de horas laborales. Por tanto las horas se respetarían para la determinación de staff, pero la cobertura sería más o menos efectiva, según qué tipo de trabajadores esté operativo en ese momento.
- Ausentismo: El ausentismo es un fenómeno presente día a día, y aunque cada día existen más herramientas para reducirlo, su erradicación parece lejana, dado que los imprevistos siempre ocurrirán. Este fenómeno puede estudiarse con herramientas de análisis de datos para tener pronósticos al respecto, cuenta con cierta aleatoriedad, lo que dificulta la precisión de los pronósticos. Este fenómeno repercute negativamente en las ventas, ya que, del total de horas laborales planificadas, siempre habrá un porcentaje que no se concretará en la realidad, disminuyendo la cobertura de la demanda, y generando ventas perdidas. Para incorporar esta información al modelo, se podría aplicar otro factor ligado a la oferta de horas laborales, para castigar proporcionalmente el desempeño del staff, también habría que considerar una disminución en las horas pagadas por nómina o por jornadas extraordinarias, ya que las ausencias pueden utilizarse para compensar horas extras o descontarse del salario a pagar.
- Rotación: La rotación hace referencia a la tasa de recambio de personal dentro de una empresa o parte de esta. En ciertos rubros o empresas, sobre todo las que requieren capacitación, esto puede llegar a ser un tema serio, debido a que permanencias cortas en la compañía, generan tiempos de adaptación demasiado altos en relación a los tiempos de trabajo, es decir, si un empleado estará seis meses en el puesto de trabajo, puede no ser conveniente que este mismo empleado esté capacitándose dos meses. Otro punto importante, es que, en escenarios de rotación demasiado alta y dificultad para adquirir nuevos miembros para el equipo de trabajo, se puede considerar que la empresa nunca cuenta con el total de su personal para satisfacer la demanda de clientes. Por tanto, todos los límites generados por la cantidad de trabajadores contratados, deberán ser más rigurosos, debido a no contar efectivamente con el personal.

Bibliografía

- [1] <http://www.ceret.cl/industria-del-retail/>
- [2] Michael A. Hitt, R. Duane Ireland, Robert E. Hoskisson (2008). "Administración estratégica", 7ª edición, capítulo 1.
- [3] <https://gestion.pe/economia/consumidor-peruano-frena-sus-compras-ropa-y-gastos-fuera-hogar-2185565>
- [4] <http://www.aai.com.pe/wp-content/uploads/2017/04/Saga-Dic-2016.pdf>
- [5] <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Estudios-Economicos/30/ree-30-llosa-panizza.pdf>
- [6] <http://www.america-retail.com/destacado/oechsle-todavia-no-es-rentable/>
- [7] <http://www.falabella.com/falabella-cl/static/staticContentWithHeader.jsp?title=Inversionistas-Presencia>
- [8] <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/smallbeautiful/economias.html>
- [9] <http://www.america-retail.com/destacado/oechsle-todavia-no-es-rentable/>
- [10] <https://www.kronos.mx/productos/planificacion-de-horarios-de-los-empleados>
- [11] <http://www.peru-retail.com/tiendas-por-departamento-modelo-de-autoatencion-fast-fashion/>
- [12] Dimitris Bertsimas, John N. Tsitsiklis, (1997). "Introduction to linear optimization", cap. 1.
- [13] Anderson, Sweeney, Williams, Camm, Martin (2011). "Métodos cuantitativos para los negocios", cap. 7.
- [14] Slim Abdennadher, Hans Schlenker (1999). "Nurse scheduling using constraint logic programming" American Association for Artificial Intelligence
- [15] Marta Soares Ferreira da Silva Rocha (2013). "The staff scheduling problem: a general model and applications"
- [16] A.T. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, D.Sier (2004). "Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models"

[17] Aylin Adem, Metin Dagdeviren (2016). "A mathematical model for the staff scheduling problem with ergonomic constraints"

[18] Serguei Netessine, Marshall L. Fisher (2010). "Labor planning, execution, and retail store performance: an exploratory investigation"

[19] Marshall Fisher, Santiago Gallino, Serguei Netessine (2017). "Setting retail staffing levels: a methodology validated with implementation"

[20] María Consuelo Medeiros (2012). "Modelo de gestión de cajas de un supermercado utilizando datos transaccionales"

[21] Rodrigo Barrera (2011). "Diseño de un modelo de optimización de turnos para cajeros"

[22] María José Reyes (2009). "Modelo de optimización de personal para una tienda por departamento"

[23] Sebastián Pérez (2013). "Evaluación de nuevos contratos y determinación de dotación óptima de personal de una cadena hotelera, mediante un modelo de programación matemática"

[24] Humberto Bravo (2010). "Metodología para optimizar dotación de personal en tiendas de especialidad"

[25] Vidya Mani, Saravanan Kesavan, Jayashankar M. Swaminathan (2012). "Understaffing in retail stores: Drivers and consequences"

[26] <https://www.opm.gov/policy-data-oversight/human-capital-management/reference-materials/strategic-alignment/workforceplanning.pdf>

[27] <http://ampl.com/>

Anexo 1:

Resumen resultados estimados para cada escenario (en soles)

Situación	Valor de la nómina (\$)	Costo por ventas perdidas (\$)	Costo por pago de horas extra (\$)	costo total (\$)
situación real	636.000	281.892	-	917.892
mix original	636.000	23.852	10.469	670.321
mix optimo	624.000	19.516	11.067	654.583
Análisis de sensibilidad				
ctounder -10	576.000	62.450	12.516	650.966
ctounder -20	528.000	69.389	14.616	612.005
demanda +20	660.000	91.073	31.364	782.436
sueldo +10	633.600	75.894	14.472	723.966
mix original sin hx	636.000	52.042	-	688.042
mix optimo sin hx	624.000	47.705	-	671.705
mix original 50% hx	636.000	44.452	5.282	685.734
mix óptimo 50% hx	624.000	36.863	5.534	666.396