



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL DIMENSIONAMIENTO
Y ASIGNACIÓN DE PERSONAL DE TIENDAS EN FALABELLA RETAIL S.A.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

ALFREDO JOSÉ MARÍA PRIETO BENAVENTE

PROFESOR GUÍA:

SR. RICARDO SAN MARTÍN ZURITA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

SR. RODOLFO URRUTIA URIBE

SR. JAIME ZÚÑIGA CASTRO

SANTIAGO DE CHILE

ENERO 2013

**DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y ASIGNACIÓN DE
PERSONAL DE TIENDAS EN FALABELLA RETAIL S.A.**

El presente informe de memoria aborda el problema de planeamiento de los recursos humanos de una empresa del sector de retail en Chile. El objetivo principal es encontrar el número de trabajadores que serán necesarios en cada mes, departamento y tipo de jornada de forma de estar acorde con la demanda pero de la forma más eficientemente posible.

Actualmente, la empresa cuenta con diversos problemas en esta materia. Por un lado, los índices arrojan una considerable disparidad entre tiendas, donde el índice “lo que representa el gasto en remuneraciones versus los ingresos” de algunas tiendas es más del doble que el de otras. Por otro lado, existe un descalce anual de 6.7% entre el presupuesto y el gasto real. Esto se explica porque la empresa estima el personal necesario en base a la venta y no a las transacciones ocurridas. Esto se traduce en que las tiendas con mayor valor del ticket promedio reciben más dotación, aún si sus transacciones fuesen menores. Dado lo anterior y sobre la base de que la empresa cuenta con más de 12.000 empleados y un gasto en remuneraciones que significa cerca del 8% de los ingresos, se justifica la realización de la memoria.

La metodología utilizada consta de tres partes. Por una parte se determina el nivel de demanda requerido. Esto fue realizado a través del número de transacciones (boletas) pronosticadas para cada intervalo horario. Para realizar este cometido se analizó la data histórica de los últimos 3 años en la tienda. Se descompuso la demanda según intervalo horario, departamento, día, semana y mes, logrando encontrar su estacionalidad, comportamiento cíclico y existencia de días especiales. Por otra parte está la oferta, se analizó un estudio interno, donde, a través de clasificar el proceso de compra en 4 etapas, se pudo encontrar el tiempo esperado medio para una venta de cada departamento. Además, se levantan todas las restricciones laborales presentes en el personal. Finalmente, se realizó el match entre demanda y oferta mediante modelos de programación lineal. Estos incorporan las restricciones del problema y optimizan el costo total en remuneraciones, satisfaciendo en todo momento el nivel de demanda de los departamentos.

Se utilizaron dos modelos para realizar el match: *Scheduling* y *Planning*. El primero decide directamente cuántos trabajadores se requieren, ejecutándose en poco tiempo y para muchas tiendas y meses, sin embargo, por su construcción, se evitan muchas restricciones laborales. El segundo modelo encuentra los niveles decidiendo por cada trabajador individualmente. De esta forma soluciona el problema del modelo *Planning*, modelando las restricción faltantes, pero bajo un tiempo de ejecución mucho mayor. La clave consistió en encontrar el factor de corrección que homologa los resultados entre modelos.

Los resultados muestran que el modelo, al utilizar la demanda real, requiere de un 30% menos de horas hombre que la situación actual, lo que representa una reducción de MM \$32,3 versus la situación actual de vendedores y MM \$43,9 si se incluye a los reponedores. Si se utiliza el *forecast* encontrado, se encontró que el modelo logra más de un 90% de nivel de servicio en los 3 meses analizados a un FTE similar. Por último, se concluyó que el modelo es robusto en los resultados, reaccionando de buena forma ante un análisis de sensibilidad y la aplicación de distintos escenarios.

Agradecimientos

Primero que nada, quiero agradecerles a Martín Longo, gerente de Control de Gestión y a Andrés Salvestrini, gerente de Finanzas, por darme la oportunidad de poder realizar mi memoria en la empresa. Además, les quiero agradecer a Ivan Luis, Pancho, Carlos, Marce, Thiago, Lester, Don Lester, Atilio y Diegos, por sus sabios consejos, ayuda en general y en especial por el humor, que hizo del departamento de Control de Gestión de Falabella un lugar ideal para trabajar.

Les agradezco también a mi profesor guía, Ricardo San Martín, co-guía Rodolfo Urrutia e integrante Jaime Zúñiga, por darse el tiempo de ayudarme en la elaboración y corrección de la memoria.

En la universidad, les agradezco a Juanjo, Raul, Thomas, Tomay y el resto, por ayudarme a hacer el paso por la universidad más ligero. Mención honrosa para el juego DOTA y los integrantes de la zona D, que transformaron las “ventanas horarias” en los mejores momentos vividos en la U.

Le quiero agradecer también a Barack Obama, y su imagen “Yeah you, get back to that theses”¹, que (imprimida y pegada frente al monitor) me ayudó bastante para escapar rápidamente de LUN, Emol, u otro tipo de portal malvado. En el mismo plano, le agradezco Joe Hisaishi, en especial a su concierto dedicado a “*Nausicaä of the Valley of the Wind*”, por ayudarme, a través de la música, a “setear” mi cabeza para trabajar a niveles de estrés ridículos.

Finalmente le quiero agradecer a mi familia y amigos. Por su apoyo incondicional en todo momento.

¹ Consultar con San Google para mayor entendimiento

Índice de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Descripción de la empresa y su entorno	2
1.3.	Objetivos	8
1.3.1.	Objetivo General.....	8
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	8
1.4.	Estructura del documento	8
2.	Marco teórico	10
2.1.	Revisión literaria	10
2.2.	Proceso de resolución.....	12
3.	Metodología	14
2.2.1.	Definición del problema	14
2.2.2.	Construcción del modelo	15
2.2.3.	Resolución del modelo	15
2.2.4.	Análisis de resultados y estudios de sensibilidad e impacto	15
4.	Alcances y resultados esperados.....	16
5.	Especificación del problema.....	17
5.1.	Definiciones	17
5.2.	Situación inicial: Tienda A	19
6.	Estudio de la demanda y oferta	23
6.1.	Demanda	23
6.2.	Oferta.....	32
6.3.	Supuestos	33
7.	Modelos de programación.....	34
7.1.	Modelo 1: <i>Planning</i>	35
7.1.1.	Índices	36
7.1.2.	Parámetros:	36
7.1.3.	Variables	37
7.1.4.	Restricciones.....	37
7.1.5.	Función Objetivo	39
7.2.	Modelo 2: <i>Scheduling</i>	40
7.2.1.	Índices	41
7.2.2.	Parámetros:	42
7.2.3.	Variables	42
7.2.4.	Restricciones.....	43

7.2.5.	Función Objetivo	45
8.	Resultados.....	46
8.1.	Resultados Modelo <i>Scheduling</i>	46
8.2.	Comparación entre modelos.....	53
8.3.	Resultados modelo <i>Planning</i> 7 tiendas	54
9.	Análisis de sensibilidad y escenarios.....	56
9.1.	Análisis de sensibilidad	56
9.2.	Impacto de distintos escenarios	57
10.	Conclusiones generales	60
11.	Trabajo futuro	62
12.	Fuentes de información.....	64
12.1.	Referencias	64
12.2.	Apoyos institucionales.....	65
13.	Anexos	66

Índice de figuras

Figura 1: Evolución en los ingresos de explotación de los principales actores en el retail.	2
Figura 2: Evolución en el porcentaje que representa el gasto en remuneraciones en el año 2011 para el total de tiendas de la empresa.	3
Figura 3: Ratio: Gasto en remuneraciones / Ingresos en el departamento Sport-Hombres.	4
Figura 4: Evolución en el gasto en remuneraciones real vs presupuestado, año 2011.	4
Figura 5: Evolución en el gasto en remuneraciones real vs presupuestado en tiendas: Tienda A y Tienda B.	5
Figura 6: Comparación de transacciones y Hrs. Hombre entre Tienda A y Tienda B.	7
Figura 7: Evolución en la dotación en la Tienda A para los primero 8 meses del año 2012.	19
Figura 8: Evolución en las horas trabajadas vs las transacciones y las horas contratadas media.	22
Figura 9: Evolución de las transacciones diarias de la Tienda A entre agosto de 2011 y septiembre de 2012.	23
Figura 10: Transacciones semanales en el primer intervalo horario (11:00 – 11:30) en la Tienda A.	24
Figura 11: Distribución de la demanda horaria absoluta durante el día.	25
Figura 12: Distribución de la demanda horaria porcentual durante el día.	25
Figura 13: Distribución de la demanda absoluta por departamentos.	26
Figura 14: Distribución de la demanda porcentual por departamentos.	26
Figura 15: Distribución de la demanda absoluta semanal por día de la semana.	27
Figura 16: Distribución porcentual de la demanda semanal por día de la semana.	27
Figura 17: Evolución de la demanda mensual de la tienda A entre enero de 2010 y septiembre de 2012.	28
Figura 18: Comportamiento transaccional durante el período de navidad 2010 y 2011.	29
Figura 19: Distribución porcentual de las transacciones anuales en los 12 meses.	29
Figura 20: Ejemplo gráfico de la construcción del <i>forecast</i> por partes.	30
Figura 21: Superposición de la curva transaccional real y pronosticada entre enero de 2011 y septiembre de 2012.	31
Figura 22: Distribución de la demanda horaria porcentual durante el día según percentiles.	31
Figura 23: Diagrama del proceso de compra en 4 etapas.	32
Figura 24: Ejemplo gráfico del funcionamiento de la variable de decisión en el modelo <i>Planning</i>	35
Figura 25: Ejemplo gráfico del funcionamiento de la variable de decisión en el modelo <i>Scheduling</i>	40
Figura 26: Ejemplo de turnos para una jornada de 40 horas semanales.	41

Figura 27: Resultados obtenidos del modelos <i>Scheduling</i> en términos monetarios versus situación actual.	50
Figura 28: Ejemplos de los resultados en términos de nivel de servicio dentro de un departamento.	50
Figura 29: Resultado del modelo <i>Scheduling</i> en cuanto al nivel de servicio durante el día.	51
Figura 30: Resultado del modelo <i>Scheduling</i> en cuanto al nivel de servicio de Septiembre.	51
Figura 31: Nivel de servicio del modelo en el mes de Julio utilizando el <i>forecast</i> transaccional.	52
Figura 32: Proceso para encontrar el factor de corrección entre los dos modelos.	53
Figura 33: Resultados obtenidos por el modelo <i>Planning</i> en La Tienda A.	54
Figura 34: Resultados obtenidos por el modelo <i>Planning</i> en Tienda Norte 1.	55
Figura 35: Resultados obtenidos por el modelo <i>Planning</i> en Tienda Sur 2.	55
Figura 36: Análisis de sensibilidad en la demanda u oferta para el modelo <i>Scheduling</i>.	56
Figura 37: Análisis de sensibilidad en la demanda u oferta para el modelo <i>Planning</i>.	57

Índice de tablas

Tabla 1: Número de papers de <i>Scheduling</i> y <i>Rostering</i> según industria [4] (p.34).....	11
Tabla 2: Descripción de las 6 jornadas actuales de la empresa.	17
Tabla 3: Ejemplo para conversión: Hora - Intervalo horario.....	18
Tabla 4: Descripción de los departamentos aptos para el estudio.	20
Tabla 5: Descripción de los 11 departamentos seleccionados.	21
Tabla 6: Desglose de las dotaciones de la Tienda A según cargo.	21
Tabla 7: Desglose de las dotaciones de la Tienda A según jornadas.....	22
Tabla 8: Descripción de días con comportamiento anormal.	24
Tabla 9: Evolución de las transacciones semanales totales en la Tienda A (miles).	28
Tabla 10: Ejemplo de la construcción del tiempo esperado por venta para el departamento Rincón Juvenil Damas.....	32
Tabla 11: Tiempos esperados de atención por departamento.....	33
Tabla 12: Jornadas usadas en los modelos.....	36
Tabla 13: Departamentos usados en los modelos.	36
Tabla 14: Intervalos horarios usados en el modelo <i>Planning</i>	36
Tabla 15: Horas ordinarias contratadas semanalmente según jornada en los modelos.	36
Tabla 16: Número de configuraciones de turnos posibles.	41
Tabla 17: Intervalos horarios usados por el modelo <i>Scheduling</i>	42
Tabla 18: Descripción del índice: “turno ti”; utilizado por el modelo <i>Scheduling</i>	42
Tabla 19: Ejemplo que resume el output de las variables: X, Xi y Xd del modelo <i>Scheduling</i>	47
Tabla 20: Resultados obtenidos del modelo <i>Scheduling</i> en cuanto a dotaciones para los 3 meses.	48
Tabla 21: Resultados del modelo <i>Scheduling</i> en términos de FTE versus la situación actual.	49
Tabla 22: Ratio: Horas contratadas / (transacciones * tiempos de atención).....	49
Tabla 23: Resultados del modelo <i>Scheduling</i> utilizando las transacciones pronosticadas para Julio.	52
Tabla 24: Resultados obtenidos al aplicar el escenario: 3 domingos libres.	58
Tabla 25: Resultados obtenidos al aplicar el escenario: Usar más turnos.	59

*“Keep your eyes on the stars,
and your feet on the ground”*

Theodore Roosevelt

1. Introducción

En la actualidad, se observa a la industria chilena pasando por un buen momento, lo que se explica por un crecimiento sostenido en la producción durante los últimos años. Este crecimiento en las empresas siempre es bueno, sin embargo, trae consigo nuevas responsabilidades y preocupaciones. Una de éstas es la asignación de personal, donde se busca satisfacer la demanda de los clientes lo más eficientemente posible. A lo anterior se le debe agregar que bajo ciertos tamaños, pequeñas diferencias porcentuales equivalen a cifras millonarias. Esto justifica la preocupación por encontrar soluciones bien fundadas para encontrar los niveles de personal adecuados.

El problema de dimensionar el personal en una tienda no es trivial. Se tienen distintos tipos de jornadas (full-time, part-time y de fin de semana), cada una tiene un set de turnos posibles a seguir durante el día (hora de entrada y salida) y lo anterior para cada día del mes. Además, las decisiones anteriores deben respetar las restricciones internas, las gubernamentales, y satisfacer la demanda de los clientes.

Por el lado de los clientes, ellos presentan distintos tipos de comportamiento según departamento. La empresa los categoriza como: Atención personalizada, en que el cliente es acompañado permanentemente durante el proceso de venta; atención asistida, en que sólo se realiza la interacción cuando es solicitada y por último auto-asistida, donde el cliente sabe lo que quiere y busca rapidez y eficiencia en el proceso. La cantidad de personal de cada departamento debe estar acorde con estas categorías. Por el lado de los trabajadores, estos expresan las categorías como tiempos de atención, donde la cantidad de tiempo empleado por cada venta en un departamento de atención personalizada resulta ser mayor al de uno del tipo venta asistida. Es decir, teniendo dos departamentos con iguales transacciones, si la venta de uno requiere el doble de tiempo, también debe ser así el número de horas hombre disponible para éste.

Resumiendo, el presente informe se inserta en este mundo llamado *retail*, específicamente, aborda el problema de saber cuántos trabajadores y de qué tipo serán necesarios durante el año. Como ya se ha dado a entender, la respuesta no es sencilla, requiriendo de herramientas ingenieriles avanzadas para lograr éste cometido.

1.1. Descripción de la empresa y su entorno

La memoria se desarrolla en la empresa Falabella Retail S.A., firma que es parte del holding Chileno Falabella S.A.C.I, el cual incorpora áreas de negocio en tiendas por departamento, mejoramiento del hogar, supermercados, seguros, banca, tarjeta CMR, entre otros. Además, la empresa tiene presencia en Chile, Argentina, Perú y Colombia.

El sector industrial del *retail* corresponde al de la venta al detalle, caracterizándose por la comercialización masiva de productos al público general. Dentro de este sector podemos mencionar a supermercados (Tottus, Lider, Jumbo o Unimarc), tiendas por departamento (Falabella, Ripley o Paris), farmacias (FASA, Cruz Verde o Salco Brand), mejoramiento del hogar (Sódimac o Easy), entre otros. Este trabajo se desarrolla sobre el negocio de tiendas por departamento de Falabella.

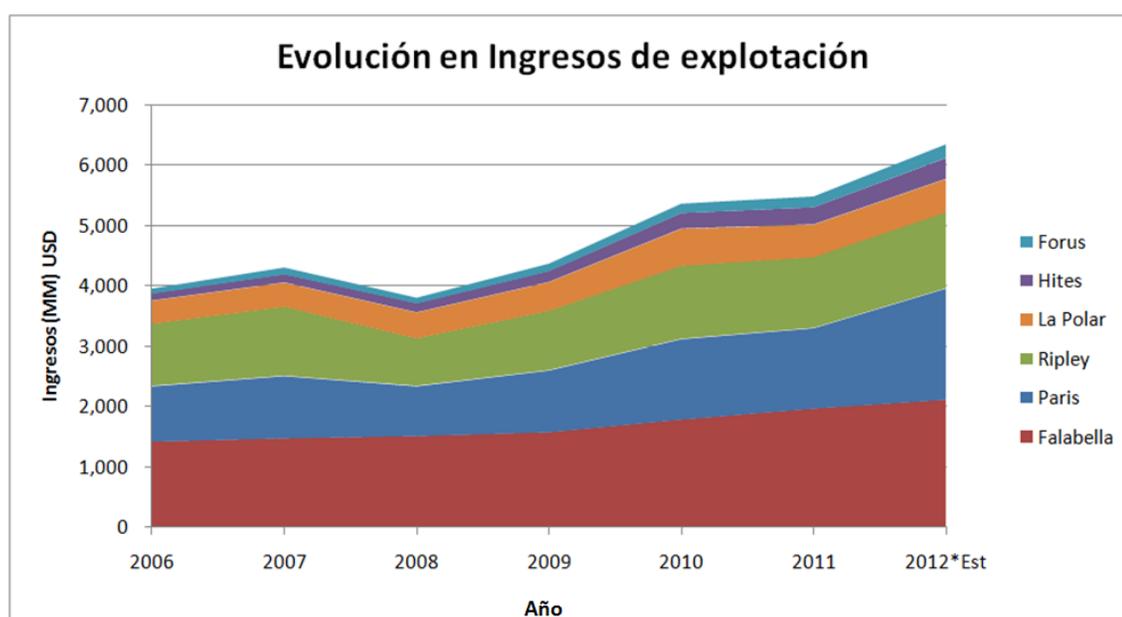


Figura 1: Evolución en los ingresos de explotación de los principales actores en el retail.

Fuente: Elaboración propia en base a la información otorgada por sus Press Release.

Como se aprecia en la figura 1, Falabella Retail S.A. ha sido en los últimos años el principal actor en la industria. La empresa se ha establecido en el primer lugar en participación con un porcentaje de alrededor del 36% hasta el año 2011. Sin embargo, se espera para el 2012 un descenso al 33,4%. Este efecto no se debe a una disminución en los ingresos, los que se prevén superiores a los USD \$2000 MM, sino que a la incorporación de Johnson's en los resultados de Paris en el último año. Además, luego del reciente caso La Polar, los ingresos de esta última se han visto estancados, haciendo que se proyecte una participación de más del 80 % de las ventas únicamente en las tiendas Falabella, Paris y Ripley.

La empresa de *retail* es de gran tamaño. Actualmente cuenta con una dotación de más de 12.000 colaboradores sólo en tiendas en Chile y un alto número de tiendas (37 y en aumento), añadiendo complejidad a la tarea de dimensionamiento de personal, aumentando la probabilidad de cometer errores y haciendo que estos últimos tengan mayor magnitud.

En cuanto al costo asociado al pago de remuneraciones, a continuación en la figura 2 se grafica los ingresos, el sueldo base, sueldo base más bonificaciones y el “total sueldos”, que incluye costos del tipo: horas extra, indemnizaciones, aportes mutuales, bonificaciones, sala cuna, entre otros.

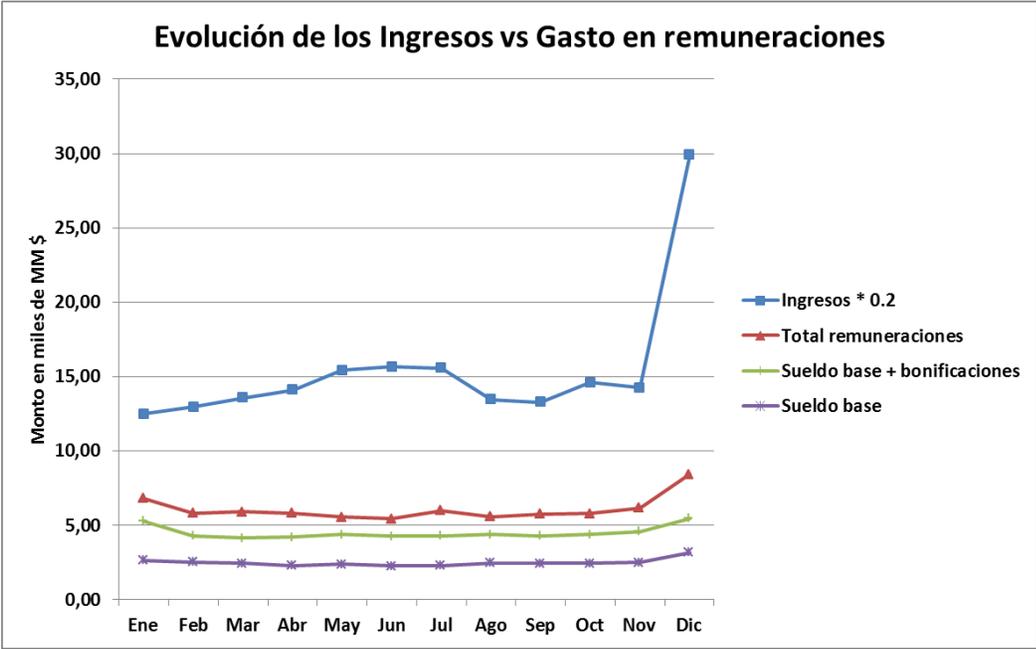


Figura 2: Evolución en el porcentaje que representa el gasto en remuneraciones en el año 2011 para el total de tiendas de la empresa.

Fuente: Elaboración propia en base a información interna.²

Se deja de manifiesto que el gasto en remuneraciones se mantiene bastante estable durante el año, siendo los ingresos los que varían, en especial durante el periodo de navidad, donde los ingresos equivalen al doble de un mes promedio. Además, se tiene que, en promedio, el gasto total en remuneraciones representa un 7,88% de los ingresos. Sumado a lo anterior, se tiene que para el año 2011 se dedicó un total de 22,2% de los ingresos a gastos, lo cual redujo el margen bruto desde un 29,1% a un EBITDA de 6,9%.³ Entonces, el 7,88% en remuneraciones representa un 35,5% de los gastos de la empresa. Y dado el bajo margen EBITDA que caracteriza al sector, un 1% de mejora en esta función representa casi un 15% de mejora en el margen EBITDA de la empresa.

² El resto de las figuras y tablas tienen la misma fuente (elaboración propia en base a la información interna de la empresa).

³ En base a Press Release 4Q de la empresa.

1.2. Descripción y justificación del problema

Si se quiere describir la situación actual de un departamento, el ratio: “gasto en remuneración” / “ingresos del departamento” resulta conveniente, ya que expresa cuánto representa el gasto en remuneraciones versus los ingresos, sin importar las magnitudes absolutas. La figura 3 muestra un ejemplo de éste indicador para 35 tiendas, en el mismo departamento “Sport-Hombres”. Se observa una importante disparidad en los índices. Específicamente, para una media aproximada en el índice de 4,6%, se tienen tiendas con valores de 2,53% y 6,39%, siendo la segunda más del doble que la primera.

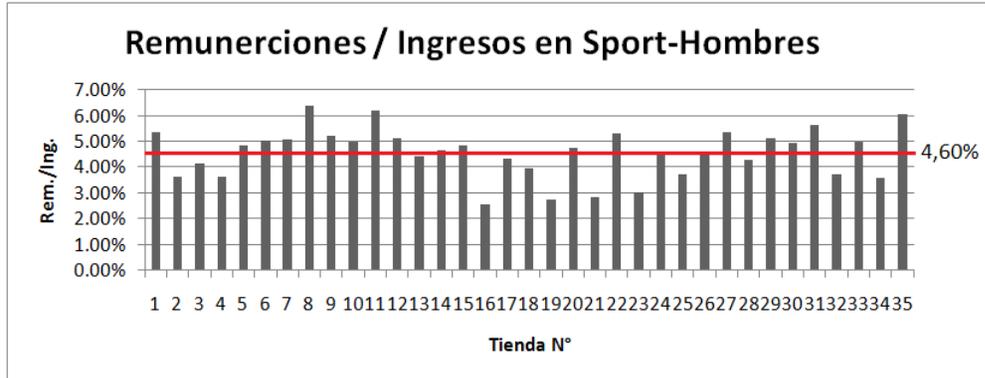


Figura 3: Ratio: Gasto en remuneraciones / Ingresos en el departamento Sport-Hombres.

Por otra parte, es interesante analizar el “gasto real” en materia de remuneraciones versus el “gasto presupuestado”. La figura 4 muestra que éstas curvas a nivel agregado de todas la tiendas tienen un descalce mensual promedio de más de \$190MM, equivalente a un 6,76% en términos porcentuales (real/presupuestado).

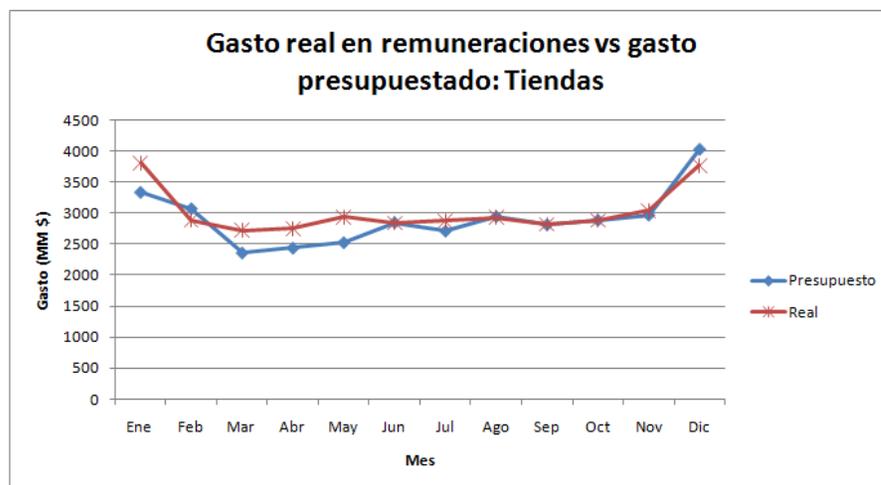


Figura 4: Evolución en el gasto en remuneraciones real vs presupuestado, año 2011.

El descalce con el presupuesto observado en la compañía es el resultado agregado de la observación a nivel de tiendas. Al analizar a éstas independientemente, se revelan tanto tiendas que exceden el presupuesto como otras que están por debajo. A modo de ejemplo, en la siguiente figura 5 se muestran dos casos de tiendas en cuanto a la evolución del gasto real en remuneraciones versus el presupuestado. En la Tienda A, la diferencia no es menor, promediando una diferencia de cerca de \$40MM mensuales (aproximadamente un 20% de descalce). Aquí se pone de manifiesto un intento por ajustarse al presupuesto mes a mes, ya que existe una correlación positiva entre las curvas. Sin embargo, el efecto está sujeto siempre a una importante y constante brecha entre ambas variables, lo que hace suponer un presupuesto sub-dimensionado (mes a mes siguen gastando la misma cantidad extra). En el caso de la tienda B, se observa un comportamiento diferente al anterior. Si bien la correlación sigue siendo positiva, la diferencia porcentual promedio entre gasto real y presupuestado es menor, estando en algunas ocasiones por sobre el presupuesto y en otras por debajo. Esto en parte debido a que la curva real se denota mucho más suave que la presupuestaria. A razón de lo expuesto se infiere un bajo nivel de flexibilidad, teniendo demasiado personal *full-time*, y así, dificultando la tarea de ajustar la oferta. En efecto, Al observar el ratio:

$$\text{Nivel de Flexibilidad} = \text{Dotación FullTime} / \text{Total Dotación}$$

Notamos que se confirma el supuesto, tomando un valor de 53,43% en el caso de la Tienda A y 63,01% en la Tienda B.

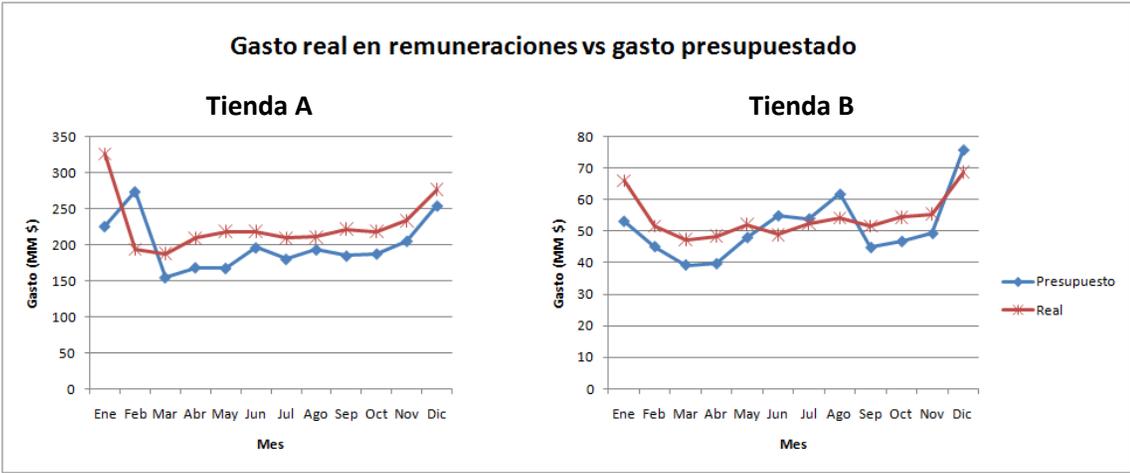


Figura 5: Evolución en el gasto en remuneraciones real vs presupuestado en tiendas: Tienda A y Tienda B.

▪ Sistema de asignación actual

La forma en que se realiza la asignación del personal depende del trabajo de dos áreas: El área de operaciones en las oficinas centrales y la gerencia en tienda. La primera entrega un input para la segunda. En el área de operaciones, se realiza el proceso de planeación presupuestaria. Ésta se realiza una vez al año pero puede ser reajustada durante éste en caso de haber cambios importantes. Sobre éste presupuesto se realiza una simple conversión, donde, en vez de entregar el monto monetario presupuestado para cada departamento, en cada mes, se entrega la cantidad de horas hombres a las cuales tienen disposición.

El número de H.H. disponibles para el mes t en un departamento dado es calculado de la siguiente forma:

$$H. H. a disposición_t = \frac{\text{Presupuesto}_t}{\text{Costo por hora}_{t-2}}$$

Con

$$\text{Costo por hora}_t = \frac{\text{Gasto real en remuneraciones}_t}{\text{Total Hrs. Trab}_t}$$

Lo primero que llama la atención es que se usa el costo por hora con un *lag* de 2 meses. La razón de lo anterior radica en que se consolidan los datos al final del mes, teniendo acceso a la data del mes anterior a partir del día 15. Sin embargo, si bien el costo por hora varía y puede ser influyente en el error, éste no resulta determinante ya que la variación es pequeña en comparación a la variación del presupuesto.

En cuanto al presupuesto, calculado anualmente, se obtiene en base a un reajustando del mismo según indicadores de la economía (PIB, IPC, expectativas de crecimiento, etc.). Esto es acertado en el sentido de que hay directa correlación entre los niveles de demanda y los estados económicos de ésta. No obstante, si se realiza sobre un presupuesto mal elaborado en sus inicios, implicará seguir estimando mal las horas disponibles.

La segunda parte del proceso ocurre en la tienda misma. La cantidad de horas disponibles para el mes $t+1$ es puesta a disposición del administrador en tienda. Éste, según su experiencia, contrata al plantel en las cantidades y tipo de jornada de acuerdo a lo que él considera óptimo para entregar un buen servicio a los clientes y lo anterior tratando de no sobrepasar las horas disponibles (que se ajustan al presupuesto). Lo señalado se realiza en conjunto con el *Scheduling* o programación horaria del personal final. Aquí se asignan los distintos trabajadores (que tienen características y contratos distintos) a los turnos necesarios para cada departamento. La tarea más importante en este proceso es tener un buen nivel de servicio⁴ en

⁴ Entiéndase por “buen servicio” como el tener la dotación necesaria acorde a la demanda de clientes.

todo momento, respetando todas las restricciones legales y de la empresa en los trabajadores. Todo lo anterior al menor costo posible.

Para la determinación de los diferentes tours horarios para cada empleado, la empresa cuenta con la ayuda de software especializado en la materia. El cual determina los tour horarios de los trabajadores que respetan las restricciones gubernamentales.

La elección de las cantidades y tipo de personal en los distintos departamentos no es trivial. Se debe tener en cuenta que el personal *full-time* es preferido en cuanto al servicio ante el *part-time*. Sin embargo, este último es flexible, puede trabajar únicamente en tiempos de sobre demanda y se rige sobre leyes laborales distintas. Teniendo esto en cuenta, se debe tener una fuerza de trabajo lo más ajustada posible a la demanda y respetando todas las restricciones de la empresa, los trabajadores, el sindicato y legislativas. Finalmente, para tiendas de más de 600 trabajadores y decenas de departamento, varios tipos de jornada, tipos de trabajo y contratos, cometer errores se hace sumamente posible.

Según lo planteado, el dimensionamiento del personal se realiza en base a una estimación del presupuesto, cifra del tipo monetaria y el know-how de la administración de cada tienda. Por el lado del presupuesto, al basarse en las expectativas de ventas (en pesos), se comete el error de suponer una relación directa con las transacciones. Por el contrario, la venta depende tanto del número de transacciones como del valor de cada una (valor del ticket). En la figura 6 se puede observar este hecho, la tienda A tuvo un 60% más de transacciones que la tienda B en lo que va del 2012, sin embargo, la tienda B tuvo a más personal asignado, ya que la tienda B tiene un ticket promedio mucho mayor. Este tipo de situaciones no puede suceder, se debe estimar el personal necesario en base a las transacciones que sucederán y no bajo el nivel de ventas esperado. Teniendo una estimación de las transacciones, basta con determinar el tiempo dedicado a cada transacción por el empleado para saber exactamente cuánto personal se necesitará.

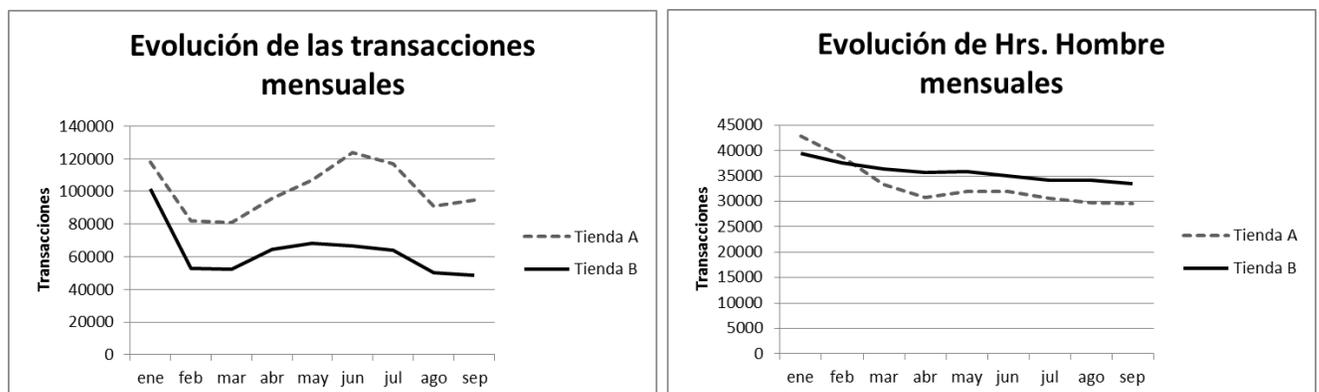


Figura 6: Comparación de transacciones y Hrs. Hombre entre Tienda A y Tienda B.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de dimensionamiento y asignación de personal que sea eficiente y eficaz para las dotaciones de los diferentes departamentos de tiendas de Falabella Retail S.A. Eficaz en cuanto a servicio (oferta de personal acorde a la demanda) y al cumplimiento de las restricciones. Eficiente en términos de realizar lo anterior al menor costo posible.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Levantar la situación actual, encontrando los departamentos, tipos de contratos, restricciones y data histórica relevante.
- Analizar la demanda de los clientes según departamentos y nivel de agregación (hora, día, año). Esto con el fin de poder realizar un buen *forecast* transaccional, el cual es introducido en el modelo.
- Diseñar y ejecutar modelos matemáticos que aborden el problema real lo más fidedignamente posible, es decir, que encuentren las cantidades y tipos de trabajadores de forma tal de cumplir con la demanda y restricciones a la que se ven sometidos. Todo lo anterior al menor costo posible.
- Estudiar los resultados encontrados, comparándolos con la situación inicial, verificando su sensibilidad ante variaciones en ciertos parámetros y respuesta ante distintos escenarios.

1.4. Estructura del documento

Lo que sigue del texto se desarrolla de la siguiente manera:

- En el siguiente capítulo 2 se describirá brevemente el marco teórico histórico asociado a la asignación de personal y que sustenta el presente informe.
- En los capítulos 3 y 4 se expondrá la metodología usada y los alcances del trabajo.
- En el capítulo 5 se especificará el problema general a resolver, se describirá la situación inicial y se definirán todas las variables relevantes para la elaboración del modelo.
- En el capítulo 6 se hará un estudio de las dos variables más importante para el modelo: La oferta y la demanda.

- En el capítulo 7 se plantearán los modelos elaborados que incorporan las especificaciones mencionadas y su forma de resolución.
- En los capítulos 8 y 9 se expondrán los resultados obtenidos, realizando una comparación con la situación inicial. También se realiza un estudio de sensibilidad y una medición económica del impacto que provocaría la adopción del modelo.
- Finalmente en los capítulos 10 y 11 se señalan las conclusiones a las que se llega y las recomendaciones que puedan ser útiles como oportunidad de futura investigación.

“Una vez que hayas probado el vuelo,
caminarás sobre la tierra con la mirada levantada hacia el cielo,
porque ya has estado allí y quieres volver”

Leonardo Da Vinci

2. Marco teórico

El problema de dimensionamiento y asignación de personal consiste en determinar el número y tipo de trabajadores necesarios para los distintos puestos de trabajo. Esto de forma de que en cada intervalo de tiempo se satisfaga la demanda de servicio del cliente y siempre respetando las distintas restricciones impuestas sobre el personal.

La manera en que se aborda el problema ha sido enfrentada por gerentes, investigadores de operaciones y científicos computacionales por los últimos 40 años. [1]. De forma de contextualizar al lector, a continuación se presenta una breve revisión de la literatura relacionada. Primero de forma general como optimización, luego de una forma más específica, abordando la literatura dedicada a realizar *Scheduling* (programación) de personal y finalmente los trabajos específicos en el área del *retail*.

2.1. Revisión literaria

La optimización, como disciplina para maximizar o minimizar funciones acorde a ciertas restricciones, fue abordada inicialmente por Leonid Kantorovich (1939) en [2] y luego desarrollada mayormente por George Dantzig con el objetivo de elaborar programas de entrenamiento con fines militares. Posteriormente, Dantzig planteó el problema de *Scheduling* de personal como uno de programación lineal. Dantzig (1954) en [3], modeló el problema de *Scheduling* de cajeros de un peaje de la siguiente forma:⁵

$$\text{Min } Z = \sum_{t \in T} c_t x_t \quad (1)$$

$$\sum_{t \in T} a_{tp} x_t \geq r_p \quad \text{para } p \in P \quad (2)$$

$$x_t \in N \quad (3)$$

La función objetivo (1) minimiza el costo total asociado a los *tours* programados, sujeto a las restricciones (2) y (3) de satisfacer demanda y no negatividad entera en el número de trabajadores respectivamente.

Ernst et al. (2004) en [4] [5] realizan una completa revisión del trabajo de investigación hasta la fecha de 2004 en cuanto a *Scheduling* y *Rostering* de personal. En cuanto al material científico en las diferentes

⁵ Con: x_t = Cant. de personal que inicia su día en hora t . Intervalos de 30 min p . a_{tp} = Turno a seguir.

industrias, la tabla 1 muestra que se ha desarrollado investigación en una amplia gama de sectores. Entre las más utilizadas se encuentra el *Scheduling* de personal de buses [6], enfermeras [1], aerolíneas [7], sector ferroviario [8], *call centers* [9], sistemas de transporte [10], entre otros [11] [12]. Llama la atención la poca atención que ha recibido el sector del *retail* en esta materia, encontrando Ernst et al. un total de 3 *papers*.

Aplicación	Papers	Aplicación	Papers
Buses	129	Servicio Cívicos	22
<i>Scheduling</i> de Enfermeras	103	Gestión de Espacio	19
Aerolíneas	99	Servicios de Emergencia y Protección	16
Ferrovionario	37	Otras Aplicaciones	14
<i>Call Centers</i>	37	Sistemas de Transporte	12
General	33	Turismo y Hospitalidad	7
Manufactura	29	Servicios Financieros	6
Tránsito Masivo	28	Ventas	3
Sistemas de Cuidado de la Salud	23		

Tabla 1: Número de papers de *Scheduling* y *Rostering* según industria [4] (p.34).

En cuanto al trabajo en el sector del *retail*, [5] menciona dos casos. K. Haase (1999) en [13] inicia una aplicación al sector mediante programación lineal y generación de columnas. Mientras Howick y Pidd (1990) en [14], presentan un análisis en cuanto a las decisiones de la fuerza de trabajo relacionadas con tamaño, tiempo dedicado en ubicarlos y alineamiento territorial, sub-problemas modelados de forma separada.

Entre los trabajos más actuales, Ivo Blochliger (2004) en [15], propone un tutorial auto contenido con los pasos que debe seguir un administrador para realizar una programación de personal. Posteriormente, M. Khashayardoust (2006) en [16], desarrolla el problema de asignación de personal en *retail* mediante algoritmos genéticos y lo compara con la solución a través del método *Branch-And-Bound* con resultados satisfactorios en muchos casos.

S. Al-Yakoob y H. Sherali (2007) en [17], abordan el problema sobre la asignación de personal en estaciones gasolineras. Si bien no corresponde al sector del *retail*, es una de las aplicaciones más similares. El problema fue modelado por programación lineal tomando en cuenta múltiples turnos y locaciones de trabajo. Sin embargo, el tiempo de ejecución fue muy alto, por lo que se procedió mediante una heurística propuesta. En el mismo año, en Chile, Amar (2007) en [18], plantea el problema de *Scheduling* como un problema de programación lineal aplicado a una tienda de *retail* en Chile. Este trabajo se enfocó únicamente en el *Scheduling*, dejando de lado el estudio sobre la demanda (usándola

como input determinístico). Esto hace que no se abarque el nivel de servicio al que se quiera llegar según departamento.

Kabat Ozgur et al. (2008) en [19], abordan el problema incorporando el efecto del comportamiento del público en la demanda, por ejemplo, a través del comportamiento de compra en horario de oficina. Esto se llevó a cabo a través de un método basado en 2 etapas. La primera etapa consiste en traducir los comportamientos que se quieran modelar en restricciones horarias. La segunda etapa recibe como input a la primera y resuelve el problema como uno de programación lineal entera.

N. Serguel y M. Fisher (2009) en [20], desarrollan un estudio sobre el impacto del manejo de la fuerza de trabajo sobre las ventas. Lo anterior mirado con un enfoque sobre el planeamiento de las dotaciones y su correspondiente ejecución.

En Chile, María J. Reyes (2009) en [21], realiza otra memoria sobre una tienda de *retail* en Chile. En ella se definió, a través de un modelo matemático, las dotaciones óptimas de personal en los distintos departamentos de una tienda de la empresa estudiada. Lo anterior tomando en cuenta 3 diferentes niveles de servicio (según dpto.), pero sin considerar el *Scheduling* de los trabajadores.

2.2. Proceso de resolución

El problema de asignación de personal cuenta con diferentes aristas relevantes. Cada una de estas puede ser abordada tan profundamente como se desee. Ernst et al. en [5], distinguen 6 fases:

- a- Estimación de la demanda: Involucra estimar cuánto personal será requerido en los distintos módulos de tiempo.
- b- *Scheduling* de días libres: El foco está en determinar el número de días libres y su distribución.
- c- *Scheduling* de turnos: Desarrolla el problema de seleccionar, sobre un conjunto de candidatos, los turnos para trabajar y el número de trabajadores requeridos para cada uno.
- d- *Tour Scheduling*: Se realiza la programación del *tour*, es decir, la distribución de los diferentes turnos bajo cierto período.
- e- Asignación de tareas: Asignar las tareas a realizar en las distintas líneas de trabajo.
- f- Asignación de personal: Consiste en asignar específicamente a cada trabajador a las líneas de trabajo.

En una forma más simplificada, se puede llegar a la programación final en tres etapas:

1. La primera etapa consiste en determinar cuánto personal se requiere para satisfacer a la demanda. De aquí es importante determinar cuántos y quiénes son los clientes. El output esperado de este proceso es el nivel de demanda de personal requerido para cada lugar / intervalo de tiempo. Para esto se usan patrones y variables medibles y observables, que bajo un factor conversor obtienen las horas hombres de personal requeridos.
2. La segunda etapa involucra el determinar las restricciones presentes en el personal. Éstas son del tipo: horarias, turnos, de capacidades, gubernamentales u otros. Esta tarea puede ser llevada al máximo nivel de especificación, dependiendo del tipo de servicio que se desea ofrecer, las condiciones geográficas, el poder de negociación del personal, la regulación legal, etc. A modo de ejemplo, Metro de Santiago le da gran importancia a las restricciones impuestas por los choferes, ya que éstos tienen alto poder de negociación (no son fáciles de reemplazar) y al igual que con los pilotos de aviones, cada carro, con una determinada tecnología, requiere de un chofer con la experticia para éste.
3. La última etapa sería el asignar al personal en las jornadas de los puestos de trabajo. La forma en que se desee resolver el problema varía según autor. George Dantzig propuso la formulación del problema como un Problema de Programación Lineal (PPL). A lo largo de la historia se han propuesto otras formas de brindar soluciones al problema. Dentro de estas se puede nombrar: Programación Matemática, Programación Restrictiva, Conjuntos Nebulosos (Fuzzy Sets), Heurísticas o Meta-heurísticas. Estas últimas surgen debido a que el tiempo de ejecución puede llegar a ser una traba importante, sobre todo en industrias que requieran de la ejecución del programa diariamente, como las de transporte o salud. Entre las formas de heurística más utilizadas, destacan: Búsqueda Tabú, Reconocimiento Simulado (*Simulated Annealing*), Optimización Bayesiana y Búsqueda en Vecindades Variables.

Se opta por realizar el planteamiento del problema como uno de programación lineal mixta (PPL). Resulta conveniente utilizar este sistema ya que se describen y clasifican las distintas variables relevantes, las restricciones a las cuales están sometidas y la función objetivo a la que se busca optimizar.

3. Metodología

La metodología siguiente responde al cómo se llevará a cabo la memoria, lo cual, no es más que responder, cómo se obtendrán los elementos necesarios para aplicar el marco teórico en el cual se basa.

2.2.1. Definición del problema

Primero es necesario interiorizar el problema, por lo que antes de empezar cualquier recolección de información, es necesario conversar con personal de: Recursos Humanos, Operaciones, Control de Gestión y de la tienda. Ya con el problema expuesto por todas las áreas, se procede a obtener la información necesaria.

2.2.1.1. Definición de requerimientos de la demanda

Se levantan los requerimientos de los clientes mediante tres métodos:

- Entrevistas con gerentes en Rosas⁶ y administradores en tiendas de vasta experiencia. En estas entrevistas se recopila la información relacionada con tendencias, nivel de servicio esperado según departamento, existencia de días especiales, entre otros.
- Análisis estadístico de la data de la empresa. Se debe obtener la data histórica transaccional al mayor detalle posible. Luego, se debe estudiar esta información en todos sus niveles para poder realizar un buen *forecast*, el que es introducido al modelo.
- Uso de estudios internos de la empresa, aprovechando al máximo la información disponible.

2.2.1.2. Definición de requerimientos de la oferta

- Restricciones internas: Para establecer cuáles son las restricciones presentes en el personal, se realizarán entrevistas a personal de la gerencia de recursos humanos y al administrador en tienda, de forma de tener una visión amplia del problema interno y sus respectivas restricciones y costos asociados.
- Restricciones gubernamentales: Se recopilan siguiendo el código chileno del trabajo. En el Anexo A se encuentran todas las restricciones relacionadas, del código del trabajo.

⁶ Entiéndase por Rosas al lugar en donde se encuentra el personal gerencial de la empresa, ubicado en Rosas 1665, Santiago.

- Rendimiento de la oferta: Es necesario encontrar la capacidad de atender clientes (tiempos de atención) de los distintos departamentos. En esta ocasión se hará uso de estudios internos en esta materia.

2.2.2. Construcción del modelo

Se plantea un modelo matemático con las restricciones y objetivos buscados. Éste será planteado como un problema de programación lineal entera mixta. Se deben notar cuales son las variables de decisión, las variables de estado, los diferentes parámetros, índices y restricciones referentes al problema. Es de utilidad el tutorial propuesto para esta materia por Ivo Blochliger (2004) en [15].

2.2.3. Resolución del modelo

Se establecen los valores de los parámetros requeridos (input) para poder encontrar una solución. El modelo se ejecuta (resuelve) con la herramienta computacional GAMS.

2.2.4. Análisis de resultados y estudios de sensibilidad e impacto

Para el análisis de los resultados, se hace una comparación con la situación inicial, tanto en reducción de presupuesto como en mejora en el servicio. Para hacer el estudio de sensibilidad, se relajan ciertas restricciones, se harán variar parámetros no determinísticos y se estudia el impacto de la aplicación de distintos escenarios.

4. Alcances y resultados esperados

El presente trabajo es solicitado por el departamento de control de gestión, el cual desea saber las cantidades de personal óptimas (acorde a la demanda) y distribución de éstas según jornada y departamento.

Se acota el trabajo poniendo foco en la “Tienda A”⁷. Esta tienda es deseable por: tamaño, donde la mayoría de los departamentos presentan una dotación no menor; tiempo, tienen al menos 3 años de historial de data disponible; y ubicación, ya que se encuentra en un lugar céntrico o de fácil acceso.

Por poner foco nos referimos a que a esta tienda será analizada al máximo, se realizará un *forecast* de su demanda y se encontrarán las cantidades de personal óptimas del modelo más robusto. Luego, los resultados de esta tienda se aplicarán con el modelo simplificado para otras 6 tiendas.

Se espera realizar el diseño y análisis de resultados. La implementación de un prototipo funcional queda propuesta para trabajo futuro.

Luego de realizado este trabajo, se esperan los siguientes puntos:

- Encontrar los diferentes parámetros y restricciones que describen de mejor forma la situación de la empresa. De forma de que el problema planteado se asemeje lo más posible a la realidad.
- Diseñar y ejecutar un sistema que mejore la situación actual de asignación de personal. Éste debe ser tal que respete las condiciones dadas, de forma de agregar valor tanto al cliente como a la empresa. El output esperado de éste deben ser las cantidades de personal requerido según jornada, departamento, tienda y período en el que se observe.
- Poder cuantificar los resultados y el impacto de la implementación del sistema propuesto. En este sentido, se espera tener cifras de los beneficios a obtener producto del cambio versus la situación actual. También se espera tener un análisis de sensibilidad y de posibles nuevos escenarios.

⁷ Se denota como “Tienda A” con el propósito de ocultar su identidad.

5. Especificación del problema

En este capítulo se definirán los principales conceptos relevantes para el problema y se describirá el estado inicial de la tienda escogida.

5.1. Definiciones

- Jornada: Cada trabajador consta de un contrato específico para una jornada específica. La jornada se refiere al número de horas ordinarias pactadas para trabajar a la semana. Las jornadas presentes de acuerdo a su naturaleza son:
 - Jornadas fin de semana: Estas jornadas se desarrollan exclusivamente los días sábados y domingos.
 - Jornadas *part-time*: Estas jornadas son a medio tiempo, caracterizadas por un trabajo de medio día en la mañana o la tarde. Los descansos semanales siguen turnos 5x2.
 - Jornadas *full-time*: Estas jornadas son a tiempo completo (más de 30 horas a la semana). Los descansos también siguen turnos 5x2.

La empresa actualmente muestra 6 jornadas diferentes, las que se describen a continuación.

Naturaleza	N°	Jornada	Hrs. Por día	Turno
Fin de Semana	1	018	9	2x5
	2	020	10	2x5
<i>Part-Time</i>	3	025	5	5x2
	4	030	6	5x2
<i>Full-Time</i>	5	040	8	5x2
	6	045	9	5x2

Tabla 2: Descripción de las 6 jornadas actuales de la empresa.

Se aprecian 2 jornadas distintas para cada naturaleza, sin embargo, la empresa está realizando una transición a mejores jornadas laborales para sus empleados. En efecto, se está pasando de las antiguas jornadas de 20, 30 y 45 horas a las jornadas de 18, 25 y 40 horas. Esto significa que diariamente se trabaja una hora menos. Bajo esta premisa de la empresa, el modelo considerará las 3 jornadas nuevas y no las antiguas.

- Intervalos de tiempo: Debido a que es imposible modelar el tiempo como un continuo, se procede a segmentar a éste en intervalos de tiempo. El número de intervalos dependerá de cuanta precisión requiera el problema. Primero interesa saber el horario de atención de las tiendas analizadas, el cual es de 11:00 a 21:00. A esto se le debe agregar 30 min previo el inicio y post cierre de la tienda.

El problema será abordado con dos modelos, el primero modela el día en 2 intervalos de tiempo: Mañana (10:30-16.00) y Tarde: (16:00-21.30). El segundo lo hace mediante 22 intervalos de tiempo de 30 minutos, donde el intervalo 0 es de 10:30 a 11:00 (sin público), el 1 es de 11:00 a 11:30, hasta el 21 de 21:00 a 21:30.

El método utilizado para convertir una hora exacta en el intervalo horario al que corresponde es mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo}_i = \lfloor [VF]_i * 48 - 21 \rfloor$$

Donde el Valor Fraccional $[VF]_i \in [0; 1]$ corresponde a cociente entre los segundos transcurridos desde el comienzo del día hasta ese momento y el total de segundos del día (86.400). A modo de ejemplo, en la figura 3 se puede apreciar la utilización de esta fórmula propuesta.

Hora	Valor Fraccional [VF]	$[VF]_i * 48 - 21$	Intervalo
11:28:00	0,477778	1,933333	1
11:29:00	0,478472	1,966667	1
11:30:00	0,479167	2,000000	2
11:31:00	0,479861	2,033333	2

Tabla 3: Ejemplo para conversión: Hora - Intervalo horario.

- **Cargo:** Un trabajador asignado a cierto departamento tiene designada una tarea o labor. Ésta define la actividad que debe desempeñar en ese departamento. Los cargos de mayor dotación y en los que influye en nivel de demanda son: vendedor(a) y ordenador(a).
- **Turno:** El turno es una especificación del requerimiento de personal para un determinado lugar, tiempo, duración y perfil en el trabajador. Es decir un turno con cierto número de ID requiere: (Tarea, día de la semana, hora de inicio, hora de término o en su defecto duración, departamento, y habilidad requerida). Para el modelo se utilizaran turnos que indiquen únicamente: hora de inicio, descanso, y término.
- **Tour:** Es un posible patrón de trabajo semanal, donde quedan representados los días a trabajar.
- **Departamentos:** Para entender qué son los departamentos, es necesario conocer la clasificación de los productos. La empresa tiene dos formas de clasificarlos. Por una parte, se clasifican mediante líneas. Estas son 16 y responden a atributos en común entre los productos, de forma de agruparlos para realizar temporadas, modas o campañas, es decir, con un fin de venta. Por otra parte, existe una clasificación según mundos. Estos son 5: Hombres, Damas, Infantil, Electro y Deco. Los mundos son

divididos en sub-mundos, los cuales corresponden a los distintos departamentos de la tienda. Estos departamentos son relevantes porque un trabajador es asociado a un solo departamento. En el Anexo B se puede revisar el detalle de todos los mundos y sus correspondientes departamentos.

- Categorías de servicio: Se refiere al tipo de servicio que requiere el departamento. En un extremo están los departamentos en que el cliente no requiere acompañamiento alguno. Estos pertenecen a la categoría: venta auto-asistida. En cambio, los que requieren de mucha atención e interacción pertenecen a la categoría: venta personalizada.

5.2. Situación inicial: Tienda A

La tienda se ubica en Santiago y tiene una superficie de más de 12.000 m². En el 2011 fue la tienda que registró las mayores ventas en la empresa y actualmente (agosto de 2012) está conformada por un total de 606 trabajadores de exclusiva responsabilidad de la empresa. Además de estos colaboradores, también se encuentran trabajadores del estilo “promotores”, los cuales son contratados y asignados por las distintas marcas (por ejemplo: Samsung). Éstos no son considerados en el modelo. En la figura 7 se puede apreciar la evolución de esta cifra, donde se observa una leve disminución en la dotación de la tienda en lo que va del año.

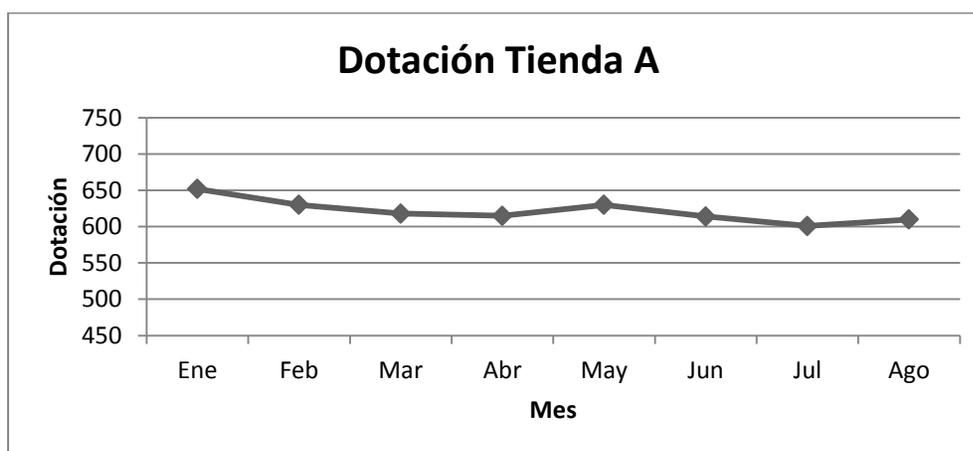


Figura 7: Evolución en la dotación en la Tienda A para los primero 8 meses del año 2012.

En cuanto a los departamentos, en la tabla 4 se aprecian 28 departamentos de la tienda y sus respectivos niveles transaccionales, de dotación y superficie. Se muestran 28 y no 37 debido a que muchos departamentos son relativamente nuevos y tienen muy poca información. Se observa que de los 606 trabajadores en tienda para todos los departamentos y tareas, se redujo a 495 en los 28 departamentos aptos para el estudio, equivalente a más del 80% del total.

k	Departamento	Trans.	Trans. por día	% del total	M2	Dotación
1	ZAPATILLAS	23749	66,0	1,22%	182	14
2	SPORT HOMBRES	113908	316,4	5,86%	785	37
3	RINCON JUVENIL HOMBRES	103042	286,2	5,30%	536	27
4	DEPORTES	63731	177,0	3,28%	374	17
5	CONFECCION HOMBRES	11775	32,7	0,61%	200	10
6	CAMISERIA/ROPA INTERIOR	107136	297,6	5,51%	294	9
7	CALZADO HOMBRES	21887	60,8	1,13%	160	6
	Hombres	445228	1236,7	22,92%	2531	120
8	CALZADO DAMAS	75509	209,7	3,89%	289	30
9	SPORT DAMAS	190453	529,0	9,80%	523	35
10	RINCON JUVENIL DAMAS	150232	417,3	7,73%	547	36
11	CORSETERIA Y LENCERIA	120929	335,9	6,22%	473	11
12	CONFECCION DAMAS	93332	259,3	4,80%	1027	52
13	CARTERAS Y ACCESORIOS	99073	275,2	5,10%	382	15
14	PERFUMERIA	126104	350,3	6,49%	690	11
	Damas	855632	2376,8	44,04%	3931	190
15	CALZADO INFANTIL	34436	95,7	1,77%	158	10
16	NIÑAS (2-6)	37141	103,2	1,91%	395	9
17	NIÑOS (2-6)	34052	94,6	1,75%	367	16
18	BEBES/RODADOS/ROPA INT.	72375	201,0	3,73%	381	10
19	JUGUETERIA	64684	179,7	3,33%	221	6
	Infantil	242688	674,1	12,49%	1522	51
20	LINEA BLANCA	16786	46,6	0,86%	300	8
21	ELECTRODOMESTICOS	59208	164,5	3,05%	204	8
22	COMPUTACION	19183	53,3	0,99%	240	11
23	FOTOGRAFIA	29353	81,5	1,51%	397	5
24	AUDIO/VIDEO	41125	114,2	2,12%	N/A	12
	Electro	165655	460,2	8,53%	1141	44
25	TEXTIL	68548	190,4	3,53%	738	29
26	MUEBLES	9488	26,4	0,49%	933	16
27	REGALOS	90258	250,7	4,65%	507	24
28	MENAJE	65425	181,7	3,37%	696	21
	Deco	233719	649,2	12,03%	2874	90
	Tienda	1942922	5397,0	100,00%	11999	495

Tabla 4: Descripción de los departamentos aptos para el estudio.

Luego, entre los departamentos aptos para el estudio, se escogió a los 2 o 3 departamentos más representativos y atractivos de cada mundo. El criterio de selección fue en base al margen operacional que éstos reportan para la empresa y a su dotación. A continuación, en la tabla 5 se puede apreciar los departamentos finales a utilizar.

Departamento	Transacciones	Trans. por día	% del total	M2	Dotación
Sport hombres	113908	316,4	5,9%	785	37
Rincón juvenil hombres	103042	286,2	5,3%	536	27
<i>Hombres</i>	216950	602,6	11,2%	1321	64
Sport damas	190453	529	9,8%	523	35
Rincón juvenil damas	150232	417,3	7,7%	547	36
Confección damas	93332	259,3	4,8%	1027	52
<i>Damas</i>	434017	1205,6	22,3%	2097	123
Niños 2-6	34052	94,6	1,8%	367	16
Bebes/Rodados/Ropa interior	72375	201	3,7%	381	10
<i>Infantil</i>	106427	295,6	5,5%	748	26
Computación	19183	53,3	1,0%	240	11
Audio/Video	41125	114,2	2,1%	N/A	12
<i>Electro</i>	60308	167,5	3,1%	240	23
Textil	68548	190,4	3,5%	738	29
Muebles	9488	26,4	0,5%	933	16
<i>Deco</i>	78036	216,8	4,0%	1671	45
<i>Total</i>	895738	2488,1	46,1%	6077	281

Tabla 5: Descripción de los 11 departamentos seleccionados.

Como se aprecia en la tabla 5, se trabaja sobre un total de 11 departamentos, con 2 integrantes de cada mundo a excepción del mundo Damas, con 3 integrantes. En cuanto a las transacciones, los 11 departamentos promedian alrededor de 2500 transacciones diarias, lo que representa un 46,1% del total.

▪ Cargos

Si se analizan las 281 personas que actualmente trabajan en estos 11 departamentos según su cargo, se obtiene la siguiente tabla 6

Cargo	Q
Asistente de probadores	26
ASISTENTE DE TRASTIENDA	2
ASISTENTE DE VISUAL	6
Cajero - Empaque	7
COORDINADORA DE VENTAS	1
Ordenador	65
Vendedor	174
Total	281

Tabla 6: Desglose de las dotaciones de la Tienda A según cargo.

Llama la atención el número de cargos existentes en la tienda, lo que complejiza el problema. Sin embargo, los cargos que tienen relación directa con la venta son: ordenador y vendedor.

▪ **Jornadas**

La distribución de la dotación según contrato o jornada para los cargos y departamentos escogidos se aprecia en la siguiente tabla x.

Jornada	Q
18	50
20	25
25	46
30	4
40	104
45	44
Total	273

Tabla 7: Desglose de las dotaciones de la Tienda A según jornadas.

Se puede apreciar una distribución que hace uso de todas las jornadas, teniendo un 54% del personal full-time y 46% restante a tiempo parcial.

En cuanto a las horas trabajadas, en la figura 8 se observa la evolución en las horas reales trabajadas, las horas contratadas promedio diarias (total horas contratadas del mes / 30) y las transacciones multiplicadas por un factor de 0,15 (para poder superponer las curvas). Se aprecian 2 factores relevantes. Por una parte existe una clara correlación en las transacciones y las horas trabajadas, lo cual está acorde a lo esperado. Por otra parte, se observa que las horas contratadas están muy por sobre las trabajadas. Esto produce tiempo ocioso en la oferta, sobre todo si se toma en cuanto que aun así hay un gasto en remuneraciones por horas extra, el que toma un valor 50% mayor al original.

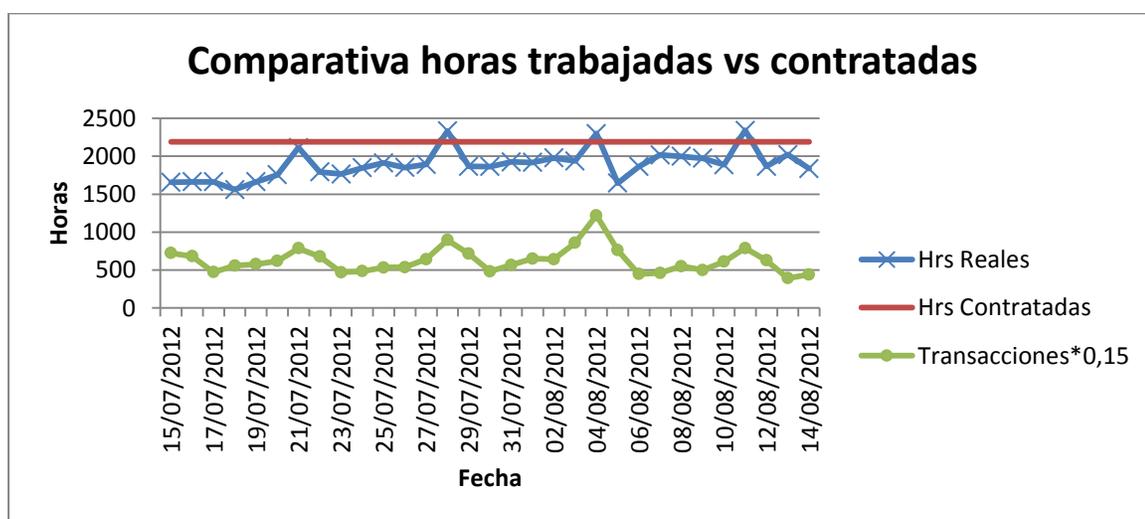


Figura 8: Evolución en las horas trabajadas vs las transacciones y las horas contratadas media.

6. Estudio de la demanda y oferta

Este capítulo tiene el propósito de analizar el comportamiento de la demanda (transacciones) y oferta (tiempos de atención) en la tienda. En el análisis de demanda, el objetivo principal es obtener los valores medios estimados para los intervalos de tiempo diarios que requieran los modelos y la volatilidad respectiva a la que están expuestos. Esta última debe ser reducida lo más posible a través de las distintas agrupaciones de días. En el caso de la oferta, ésta es modelada a través del tiempo de atención de los trabajadores. Estos valores últimos son obtenidos mediante un estudio interno de la empresa.

6.1. Demanda

Para el análisis de la demanda, se realizará un estudio de ésta a través del número de transacciones (boletas) ocurridas en el tiempo. Éstas fueron obtenidas a una precisión de: Cantidad de transacciones ocurridas en el departamento “x” en el tiempo t. Es favorable el trabajar sobre las boletas emitidas y no sobre cantidad de productos vendidos o monto monetario, debido a que la atención a un cliente se traduce en una venta con una boleta. En cuanto al horizonte de la data utilizado, se fijó en 15 meses.

La figura 9 muestra las transacciones diarias de la Tienda A durante el año. Se observa un comportamiento periódico en las semanas, de tendencia en los meses y estacional en navidad. Por esto, se hace necesario estudiar en detalle cada variable que influye en la evolución de la demanda.

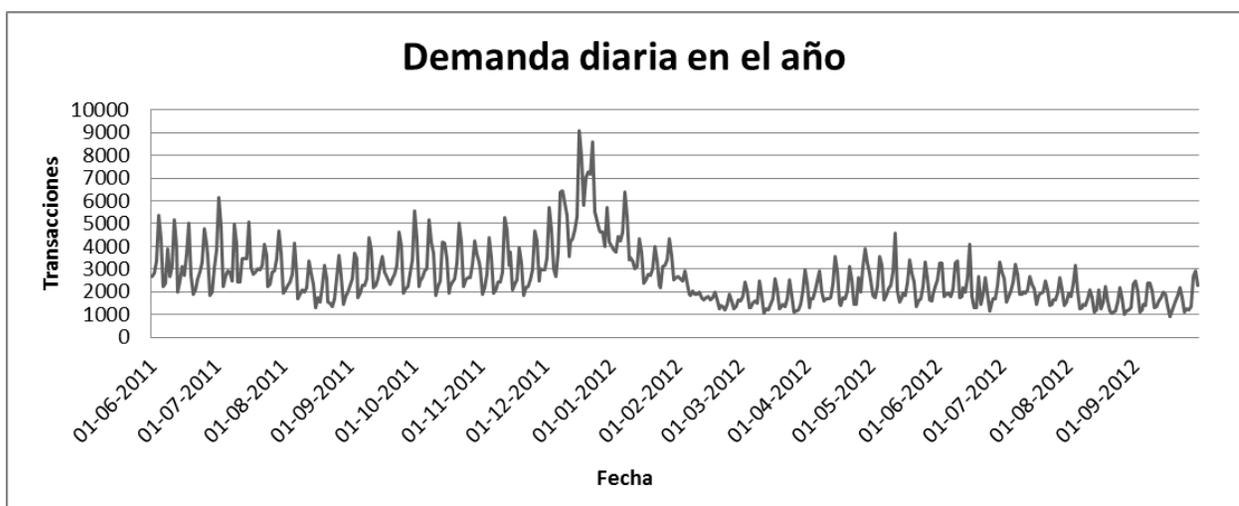


Figura 9: Evolución de las transacciones diarias de la Tienda A entre agosto de 2011 y septiembre de 2012.

Antes de iniciar cualquier análisis, se debe hacer la diferencia entre la demanda normal y la especial. Por demanda especial nos referimos al comportamiento transaccional de los días especiales. Estos son los días previos a la navidad, día del padre, día de la madre, día del niño o feriados, entre otros. Al analizar las transacciones totales o medias (valores absolutos), estos días distorsionan los resultados al momento de encontrar promedios o desviaciones estándares. A continuación se presenta gráficamente un ejemplo de este efecto, donde la semana de navidad (30) escapa totalmente de la tendencia anual y la semana del 18 de septiembre (49) tiene ventas prácticamente nulas debido a dos feriados irrenunciables.

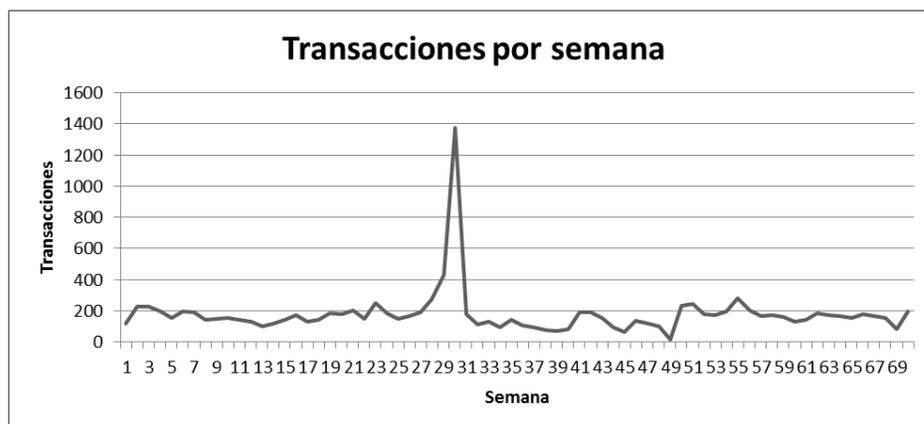


Figura 10: Transacciones semanales en el primer intervalo horario (11:00 – 11:30) en la Tienda A.

En el Anexo C se presenta en detalle el calendario de los días especiales de los años 2011 y 2012. En la tabla 8 se muestran los tipos de días especiales con sus respectivas frecuencias de aparición y la diferencia porcentual versus un día promedio. Si bien los resultados son mejores con el trabajo diferenciado de los días especiales, el análisis en términos porcentuales puede brindar incluso mejores resultados al ser valores relativos al rendimiento semanal.

Motivo	Nº Días	% del promedio
Navidad	26	237%
Semana post año nuevo	7	196%
Efecto feriados	6	186%
Día del padre	3	200%
Día del niño	2	185%
Día de la madre	1	149%
Cambio de mes en verano	1	183%
Feriado Irrenunciable	8	0%

Tabla 8: Descripción de días con comportamiento anormal.

A continuación se estudiará la distribución transaccional según departamentos, horaria en el día, de los días en la semana, semanas en los meses y meses en el año, para terminar con el *forecast* final.

6.1.1. Distribución horaria en el día

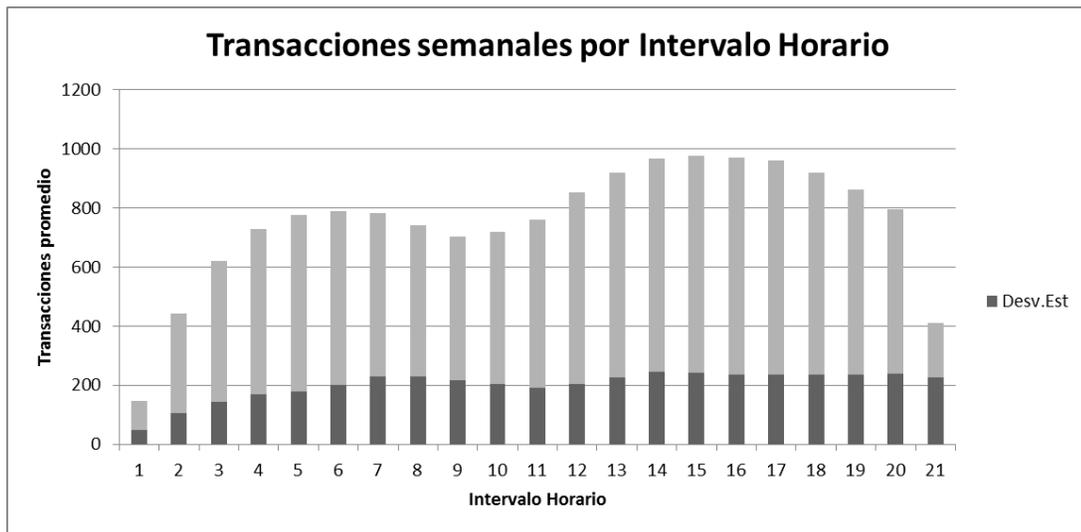


Figura 11: Distribución de la demanda horaria absoluta durante el día.

Se aprecia a simple vista que el día promedio puede ser visto como dos: mañana (hasta el intervalo 9) y tarde (el resto). Esto en base la distribución de los datos, los que se modelan con 2 funciones *Weibull* distintas. Además, se puede concluir que, en promedio, la tarde concentra mayor demanda que la mañana.

En cuanto a la volatilidad de las medias, éstas son considerables, sobre todo para el último módulo, en el cual teóricamente la tienda está cerrada. Si se lleva el análisis a términos porcentuales, la figura 12 muestra que la distribución es la misma pero la desviación estándar ahora es muy baja. Por último, en cuanto al caso de dos intervalos de 5.5 horas cada uno: mañana (10:30-16:00) y tarde (16:00-21:30), la proporción diaria promedio es 41,37% y 58,63% respectivamente a una desviación estándar de 4,389%.

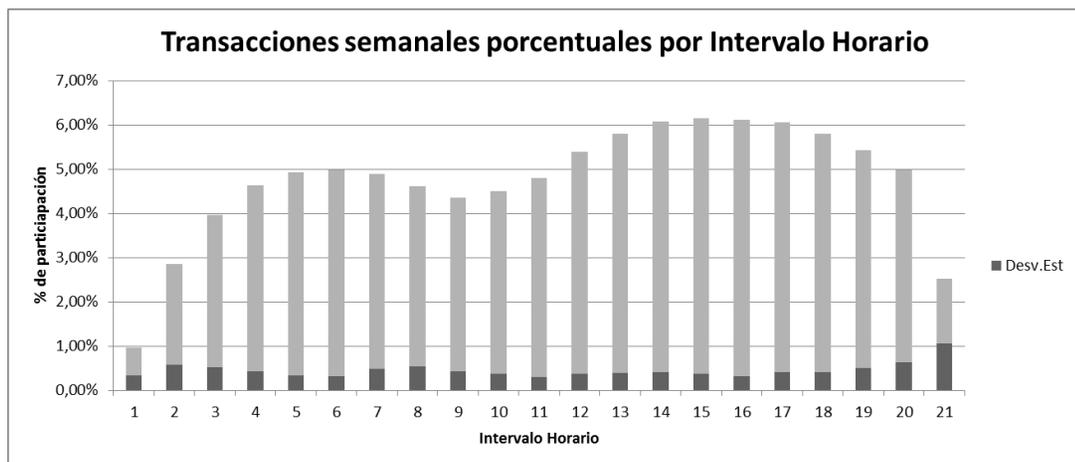


Figura 12: Distribución de la demanda horaria porcentual durante el día.

6.1.2. Distribución por departamentos

En cuanto a la distribución de las transacciones por departamentos, la figura 13 muestra sus valores promedio semanal con sus respectivas desviaciones estándar y la figura 14 lo hace en términos porcentuales. Se observa que los departamentos: Sport Damas y Rincón Juvenil Damas tienen la mayor cantidad de transacciones. En el otro extremo se encuentra el departamento de Muebles, el que tiene pocas transacciones, pero de alto valor la unidad. En términos porcentuales se observa que las desviaciones estándares disminuyen aproximadamente a la mitad.⁸

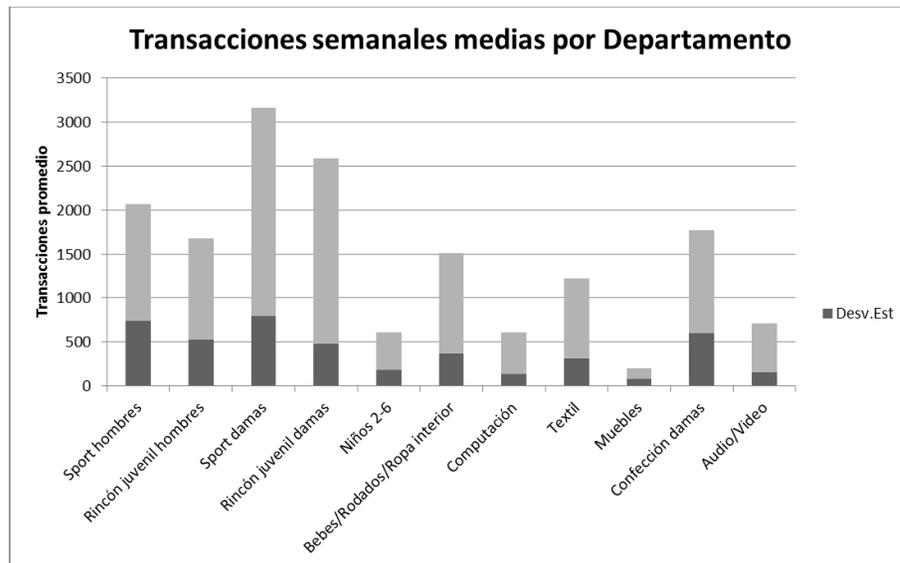


Figura 13: Distribución de la demanda absoluta por departamentos.

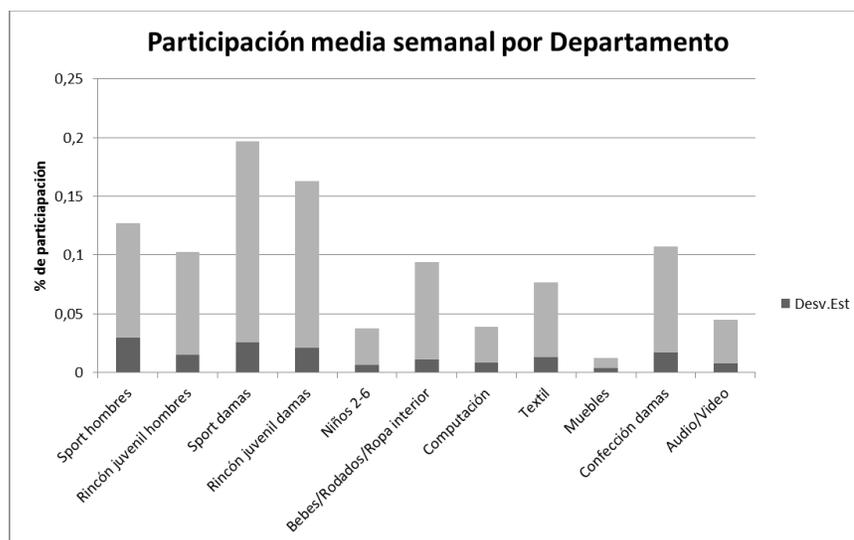


Figura 14: Distribución de la demanda porcentual por departamentos.

⁸ Las proporciones de los días especiales son consideradas aparte. Por ejemplo, en los días previos al día del padre, los departamentos 1 y 2 aumentan considerablemente su participación.

6.1.3. Distribución de los días de la semana

En cuanto a la variación de las participaciones de los departamentos según el día de la semana, la figura 15 muestra que existen diferencias entre los días. Específicamente se nota una variación considerable entre los días de la semana y los fines de semana. El día sábado concentra la mayor cantidad de transacciones seguido por el domingo, relegando al último puesto al día lunes. La desviación estándar es considerable, pero se presume que se debe a la diferencia de magnitudes entre semanas.

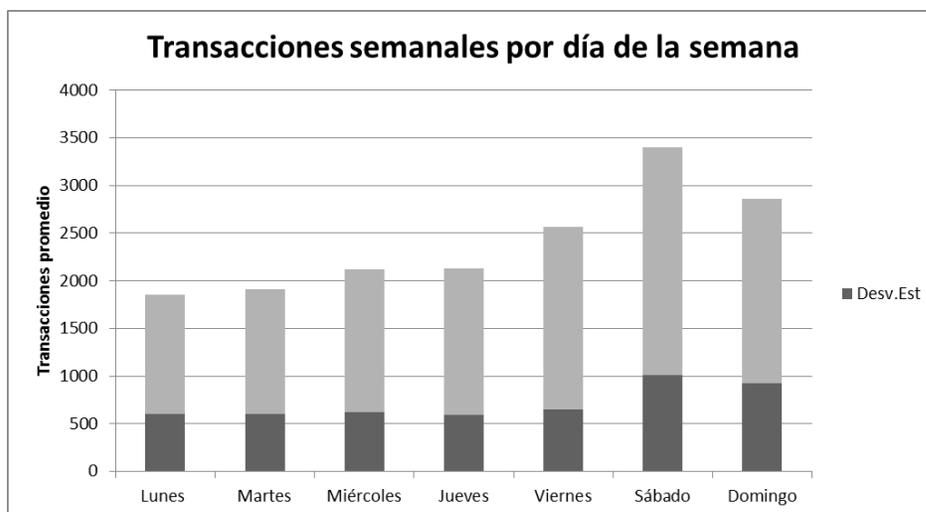


Figura 15: Distribución de la demanda absoluta semanal por día de la semana.

La figura 16 muestra ahora la distribución porcentual de las transacciones en la semana. Se observa de inmediato la gran disminución en la desviación estándar a niveles muy buenos (bajos), lo que sugiere que sin importar si se tiene una buena o mala semana en cuanto a las transacciones, la distribución de éstas en los días será prácticamente igual.⁹

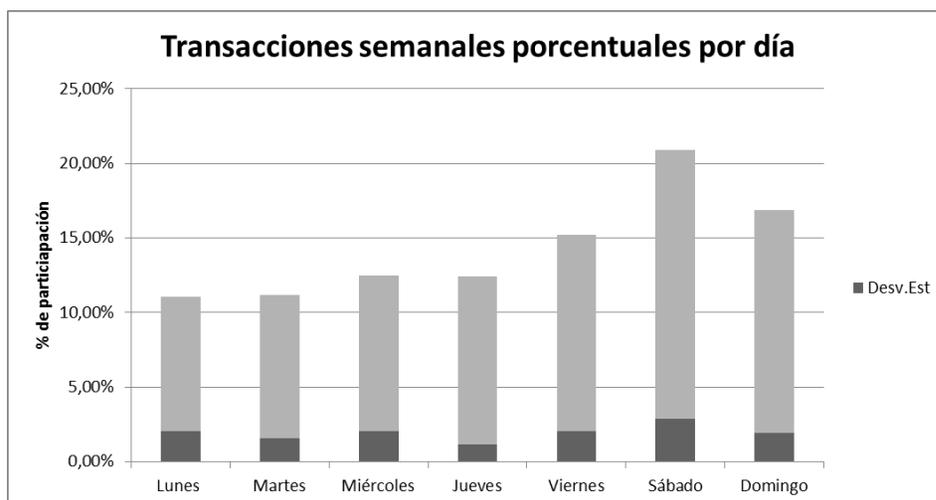


Figura 16: Distribución porcentual de la demanda semanal por día de la semana.

⁹ Los porcentajes diarios corresponden a semanas normales de 7 días. En semanas especiales de 5 o 6 días (por feriados irrenunciables) o las del mes de febrero, del día del niño, del padre y de la madre, tienen las proporciones equivalentes o especiales respectivas, las que se pueden consultar en el Anexo D.

6.1.4. Distribución de las semanas y meses

El último análisis de la demanda corresponde a su evolución a largo plazo. Esto es, la distribución transaccional semanal en el mes y de los meses en el año. En cuanto a los niveles transaccionales semanales en el mes, la tabla 9 muestra que éstos no varían mucho en torno a su media mensual. Sin embargo, los meses: diciembre, enero y febrero toman un valor en la desviación estándar relativa a la media mayor a 20%. Por otro lado, la cantidad de muestras no es suficiente (53 semanas), por lo que para poder tener resultados más robusto, se hace necesario estudiar la data sobre un horizonte mayor.

Mes	Semana					Suma	Media	Desv.Est	Desv.Est / Media
	1	2	3	4	5				
oct-11	22,71	22,08	21,67	21,15		87,61	21,90	0,66	3,0%
nov-11	21,16	21,83	21,06	20,70		84,75	21,19	0,47	2,2%
dic-11	25,38	33,60	39,22	41,39	27,90	167,50	33,50	6,94	20,7%
ene-12	32,62	24,47	20,86	22,14		100,09	25,02	5,28	21,1%
feb-12	18,23	13,27	12,26	10,25		54,01	13,50	3,39	25,1%
mar-12	12,15	11,56	11,36	11,42	12,34	58,83	11,77	0,45	3,8%
abr-12	11,68	15,60	14,08	17,83		59,19	14,80	2,58	17,5%
may-12	15,41	17,48	15,72	15,24	16,43	80,28	16,06	0,92	5,7%
jun-12	16,20	16,32	13,17	14,53		60,22	15,06	1,50	9,9%
jul-12	16,36	14,84	13,99	12,87		58,06	14,52	1,47	10,2%
ago-12	14,22	10,98	11,05	9,96	11,66	57,87	11,57	1,60	13,8%
sep-12	11,95	11,32	8,24	12,78		44,29	11,07	1,98	17,9%

Tabla 9: Evolución de las transacciones semanales totales en la Tienda A (miles).

Debido a que el horizonte de 15 meses no es suficiente para analizar el comportamiento anual robustamente, se extiende el análisis a 33 meses, desde el 1 de Enero de 2010 hasta el 30 de noviembre de 2012. La figura 17 muestra dos efectos. Por un lado se observa que la volatilidad de las transacciones semanales se mantiene baja en todos los meses a excepción de diciembre y enero.

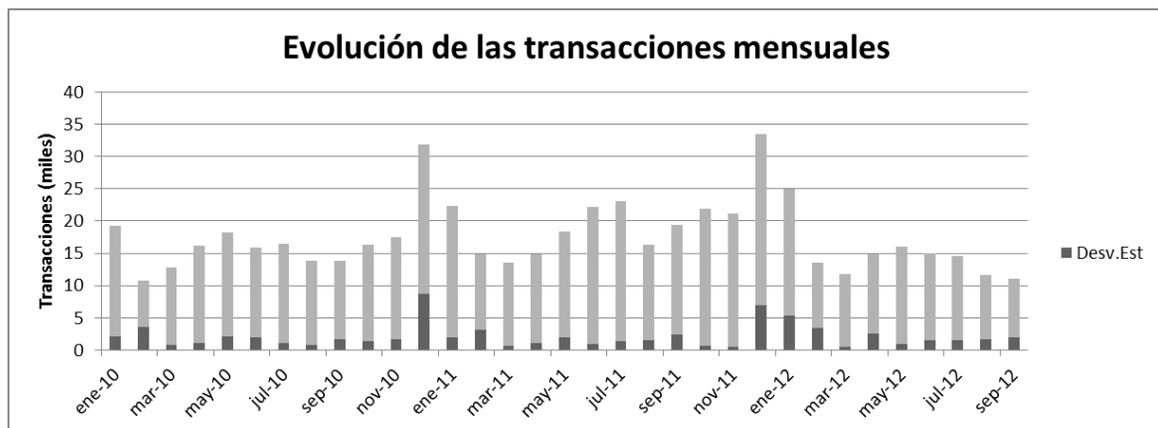


Figura 17: Evolución de la demanda mensual de la tienda A entre enero de 2010 y septiembre de 2012.

La alta desviación estándar en los meses de diciembre, enero y febrero se debe al efecto navidad. En la figura 18 se muestra la distribución transaccional diaria en el período pre y post navidad. Se puede ver una tendencia clara al alza hasta el 24 de diciembre para luego caer hasta el mínimo a finales de febrero, efecto que se repite en ambos años. De esta forma, estos meses deben distribuir las transacciones mensuales estimadas a sus semanas según la curva recién descrita. Además, la transición entre meses debe ser “suave”, por lo que el resto de los meses se distribuirá de forma tal de que la curva siga una transición suave.¹⁰

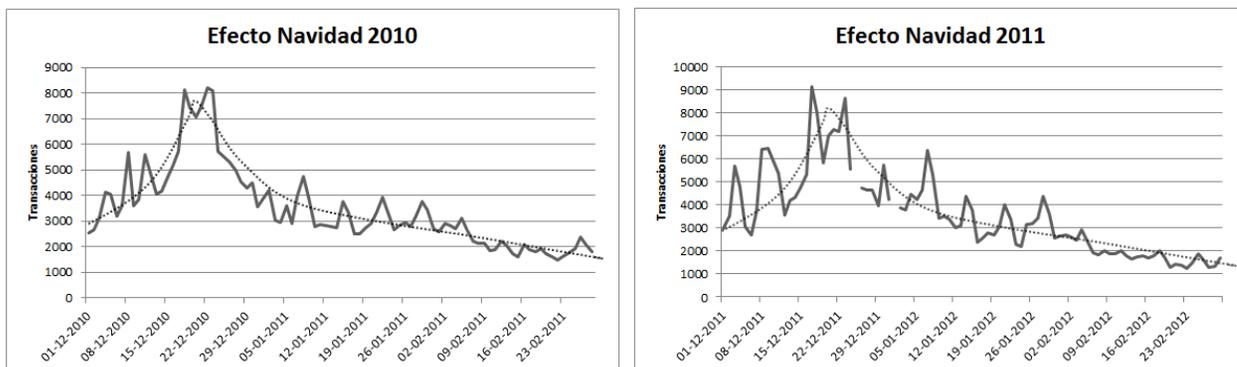


Figura 18: Comportamiento transaccional durante el período de navidad 2010 y 2011.

Por otro lado en la figura 19 queda de manifiesto que la distribución de las transacciones anuales en sus correspondientes meses no varía en demasía. Esto último es clave porque así se puede determinar el último eslabón para realizar el *forecast*. Se observa una pequeña crecida en los meses de invierno y otra que muestra una crecida aproximada del doble de transacciones de un mes promedio para el mes de navidad, efecto que se va disipando linealmente hasta llegar al mínimo en febrero. Entonces, se utilizará la participación promedio de los 3 años para cada mes.

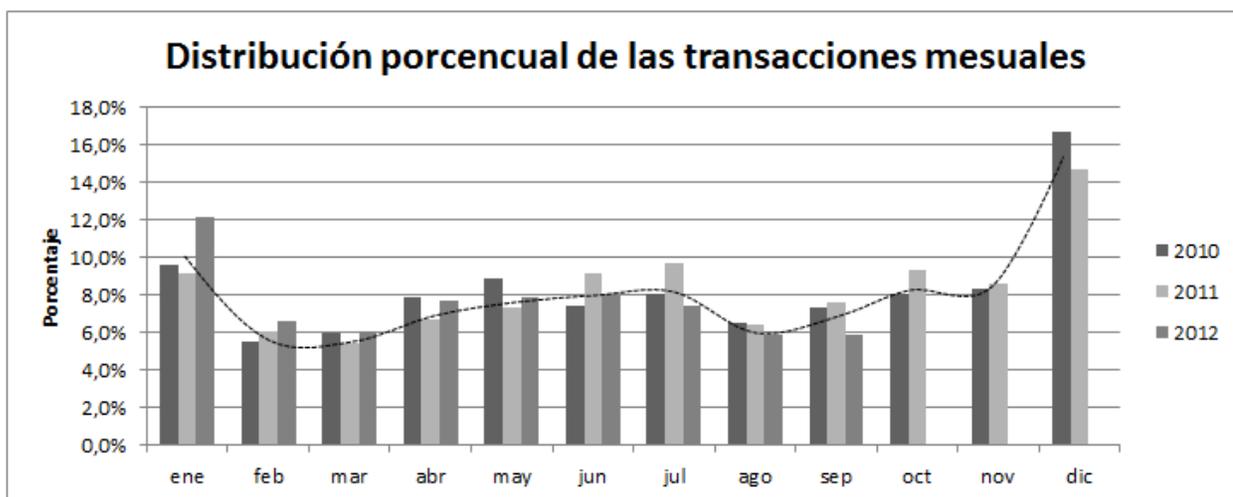


Figura 19: Distribución porcentual de las transacciones anuales en los 12 meses.

¹⁰ En el Anexo E se explica el procedimiento para suavizar la curva.

6.1.5. Forecast

Finalmente, se realiza un buen *forecast* utilizando los resultados obtenidos en los puntos anteriores. En ellos se encontró que la distribución de las transacciones semanales según día de la semana, departamento o intervalo horario sigue una distribución pero a una volatilidad considerable. Este efecto es mitigado al analizar las magnitudes como aportes porcentuales. En estos se mantiene la distribución pero la volatilidad se hace muy baja. En cuanto a las semanas, se demostró que su distribución en el mes es considerable en los meses de diciembre, enero y febrero, por lo que en ellos se debe respetar la tendencia observada (monte con pico en navidad). Por último, los meses también tienen una distribución relativamente estable, por lo que basta con el resultado de un solo mes, para estimar la demanda de todo el año. Este último punto es importante, ya que a mayor transcurso del año, mejor será el *forecast* realizado. Inclusive, se puede corroborar con expectativas de crecimiento de acuerdo a factores internos o externos a la realidad de la compañía. A continuación se muestra gráficamente la construcción de un *forecast*.

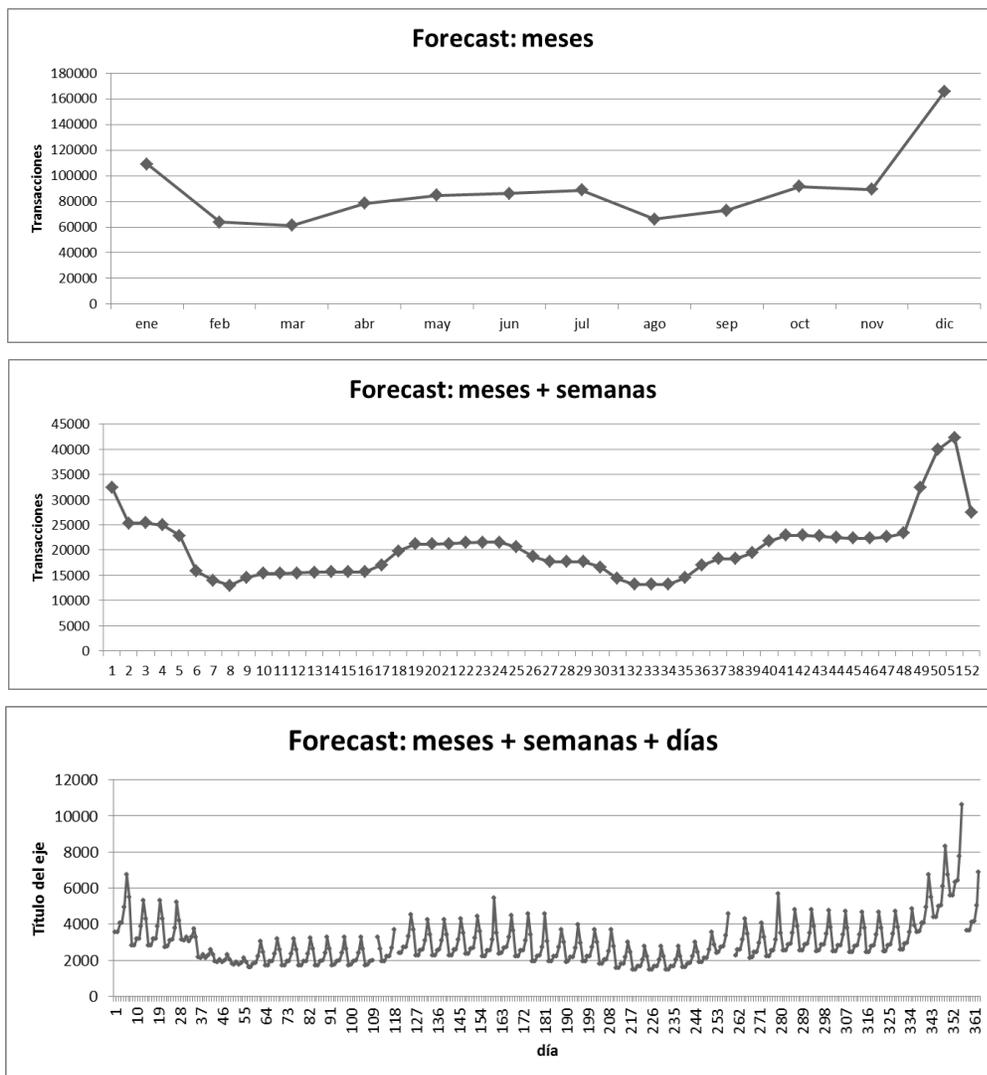


Figura 20: Ejemplo gráfico de la construcción del *forecast* por partes.

La figura 20 muestra cómo va evolucionando la curva si se usan como input las transacciones anuales de 2011. Para aplicar a otro año sólo es necesario ajustar los días especiales (feriados, día del padre y día de la madre) a sus correspondientes meses del año. A continuación se muestra la curva anterior extendida hasta septiembre de 2012 y comparada con la curva de demanda transaccional real de ambos años.

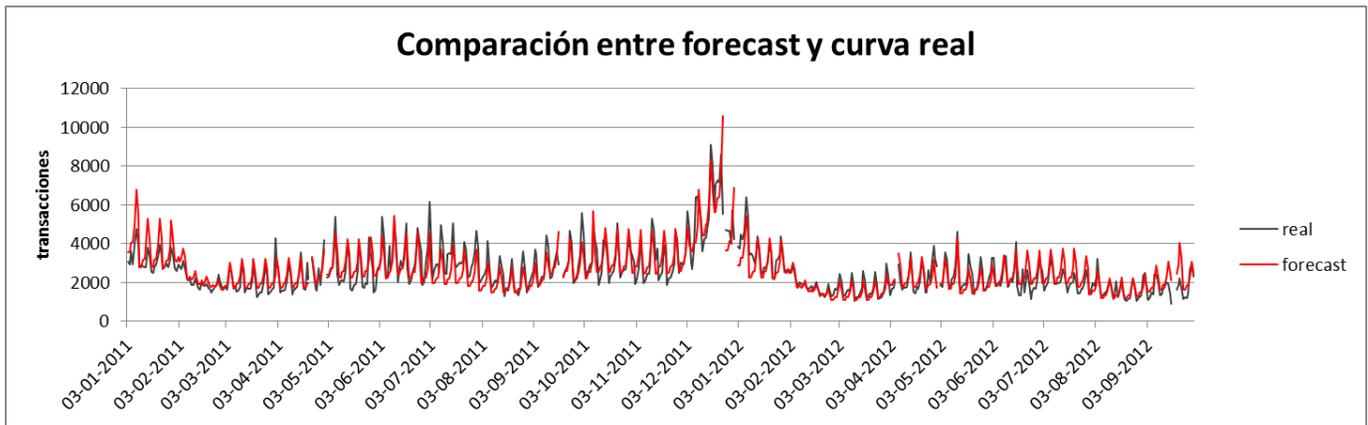


Figura 21: Superposición de la curva transaccional real y pronosticada entre enero de 2011 y septiembre de 2012.

Se aprecia que las curvas se parecen bastante, su coeficiente de correlación de Pearson es de 0,87 y el promedio de los errores porcentuales de cada día y su respectivo *forecast* es de 16,6%.

De forma de aumentar el nivel de servicio, la data introducida en el modelo como *forecast* será utilizando el percentil 75¹¹ de las proporciones de cada intervalo horario. Esto significa un aumento del 10% de la estimación, pero a la vez utiliza los valores que históricamente han estado por sobre el 75 por ciento de la muestra, dando un mejor servicio que al usar las medias. La figura 22 muestra cómo cambia la curva de participación porcentual transaccional durante el día bajo distintos percentiles.

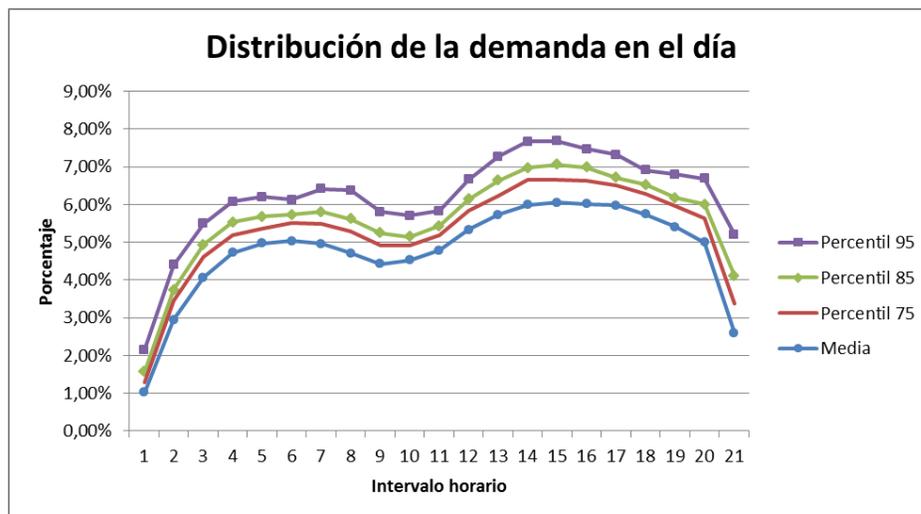


Figura 22: Distribución de la demanda horaria porcentual durante el día según percentiles.

¹¹ El percentil 75 es el número de una muestra que está por sobre el 75% de los registro.

6.2. Oferta

La oferta representa la capacidad de atención. Ésta se materializa mediante los tiempos de atención que utilizan los trabajadores. En la figura 23 se observan las diferentes etapas del proceso de compra.

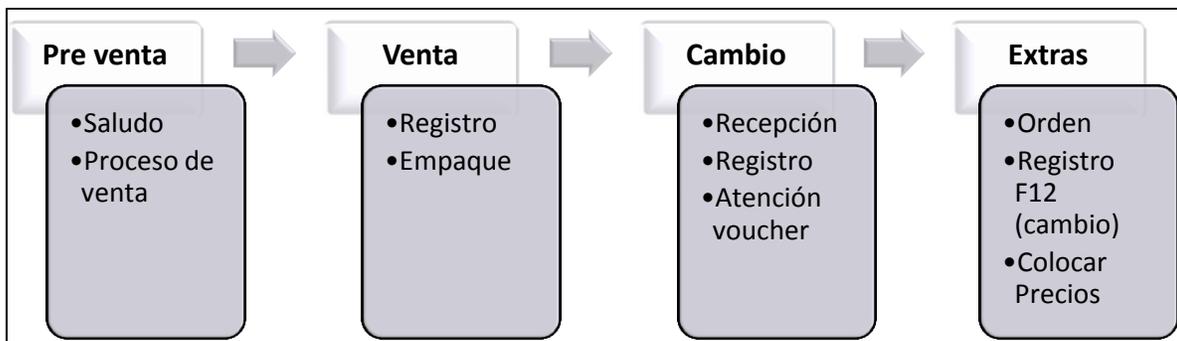


Figura 23: Diagrama del proceso de compra en 4 etapas.

La empresa desarrolló un estudio interno para estimar los tiempos asociados al proceso. Esto se llevó a cabo en 6 tiendas y ocupando a varios colaboradores por turnos, para poder abarcar la venta de todo el día. El output de este estudio fue el seguimiento de las actividades de los trabajadores en los distintos departamentos, registrando los tiempos empleados en cada actividad. Luego, se realiza un agrupamiento de actividades según las 4 etapas presentadas en la figura 23 y se obtienen los indicadores de interés para cada departamento. La variable de mayor interés es el tiempo esperado asociado a una venta en cada departamento. Este es obtenido como la esperanza entre los tiempos medios de cada uno de los procesos y la frecuencia de ocurrencia relativa a la venta (número de casos / número de ventas). La tabla 10 muestra los valores existentes en el departamento Rincón Juvenil Damas y el tiempo esperado encontrado.

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	172	96	22	65
Ocurrencia relativa	1,79	1,00	0,23	0,68
Promedio	0,62	2,26	4,95	2,07
Desv. Est.	1,16	1,58	2,90	2,26
Tiempo esperado	5,89			

Tabla 10: Ejemplo de la construcción del tiempo esperado por venta para el departamento Rincón Juvenil Damas.

De la tabla 10 llama la atención que el parámetro “ocurrencia relativa” en la pre-venta tome un valor mayor a uno. Esto significa que en ese departamento hay más intentos de compra (saludo, contestar preguntas, mostrar el producto) que ventas mismas. Un valor menor a uno también es posible, donde hay más ventas que procesos de pre-venta. Estos son departamentos en que el cliente no requiere un

acompañamiento. Una ocurrencia relativa demasiado alta significa que es difícil lograr una venta en ese departamento. En caso contrario, si este ratio es muy pequeño significa que se está en un departamento auto-asistido. Este efecto mencionado queda reflejado en el tiempo esperado.

Usando la misma metodología planteada, en el Anexo F se muestran las tablas de construcción de tiempos esperados para el resto de los departamentos. La tabla 11 muestra los tiempos esperados para los 11 departamentos.

Departamento	Tiempo esperado
Sport hombres	5,95
Rincón juvenil hombres	6,04
Sport damas	7,02
Rincón juvenil damas	5,89
Niños 2-6	6,52
Bebes/Rodados/Ropa interior	5,85
Computación	14,08
Textil	8,95
Muebles	35,79
Confección damas	7,08
Audio/Video	14,97
Promedio	10,74

Tabla 11: Tiempos esperados de atención por departamento.

6.3. Supuestos

A continuación se detallan los diferentes supuestos a los que se hará uso. Estos se realizan con el fin de hacer abordable el problema en términos de modelamiento y complejidad.

- a- La distribución de las transacciones durante el intervalo más pequeño (30 min) son lineales. Es decir, si hay 30 transacciones entre las 11:30 y las 12:00, se supone que se realizó una cada 1 minuto.
- b- La velocidad de atención es igual para todos los trabajadores (sin importar la jornada o la tienda) de un mismo departamento.
- c- Se supone que los descansos son realizados a la mitad de la jornada.

*“No importa cuán difícil parezca,
Siempre se puede hacer algo”*
Prof. Jaime González

7. Modelos de programación

El presente informe aborda el problema mediante dos modelos de programación lineal distintos. Cada uno de estos tiene ventajas y desventajas, la adopción de cada uno dependerá del objetivo al que se intente atacar.

El primero modelo es a nivel de *Planning* y no *Scheduling*. Esto quiere decir que se modela el número de trabajadores a utilizar para cada día en base a la estimación de demanda agregada al nivel de medio día. Este análisis es conveniente en términos de velocidad de ejecución, volatilidad en la demanda y facilidad en la obtención de ésta. Sin embargo, los resultados pueden no ser del todo precisos o realistas, encontrando soluciones que no incorporan bien la distribución horario de la demanda diaria o las restricciones en la asignación de los trabajadores.

El segundo modelo es un término medio entre un *Scheduling* final y *Planning*. En éste se incorporan los turnos de los trabajadores, las restricciones a las que se rigen y lo anterior ajustándose a una demanda modelada en 21 intervalos de tiempo para cada día. La diferencia con el *Scheduling* final recae principalmente en 2 conceptos. Por un lado, este modelo no incorpora el *Scheduling* de los tiempos libres, modelándolos aproximadamente a la mitad de su jornada. Por otro lado, según los objetivos planteados, no interesa realizar un *Scheduling* final, es decir, asignar a los trabajadores de acuerdo a sus competencias y restricciones personales a los turnos de cada día.

7.1. Modelo 1: *Planning*

Este modelo es creado con un propósito de planeamiento de personal. Es decir, importa saber las cantidades de personal necesarias para ajustarse a la demanda. La distribución de turnos no es relevante para los propósitos propuestos.

Por una parte, es favorable modelar el problema sin considerar el *Scheduling*. Se reducen las restricciones, se plantea el problema de forma sencilla, facilitando la implementación a varias tiendas y se ejecuta en poco tiempo; sin embargo, este tipo de modelo no considera aspectos influyentes en los resultados. Entre estos está la no inclusión de muchas restricciones y el análisis muy agregado en la demanda (a nivel de medio día), lo que puede provocar resultados que difieren de la realidad.

La variable de decisión es: cuántos trabajadores se requerirán en un día t , para las jornadas de día completo y cuántos se requerirán en el turno de la mañana o de la tarde, en el caso de las jornadas de medio tiempo. Sin embargo, los trabajadores son contratados por periodos comerciales y no por días trabajados. En el caso de la empresa, esto se hace de la forma 15/14, Es decir, el mes comercial inicia los días 15 de cada mes y termina los 14 del siguiente.

Dada la variable de decisión, se plantea el problema de decidir cuántos trabajadores serán necesarios para satisfacer los niveles de demandas. Esto respetando los contratos, es decir, una persona de jornada de 45 horas no puede superar ordinariamente las 180 horas en el mes comercial.

En la figura 24 se ilustra el problema abordado a través de un ejemplo factible de 14 días en un departamento j y mes m dado. Se puede observar donde en cada día/intervalo horario se eligen los niveles correspondientes a las jornadas, de forma ir ajustándose a la demanda.

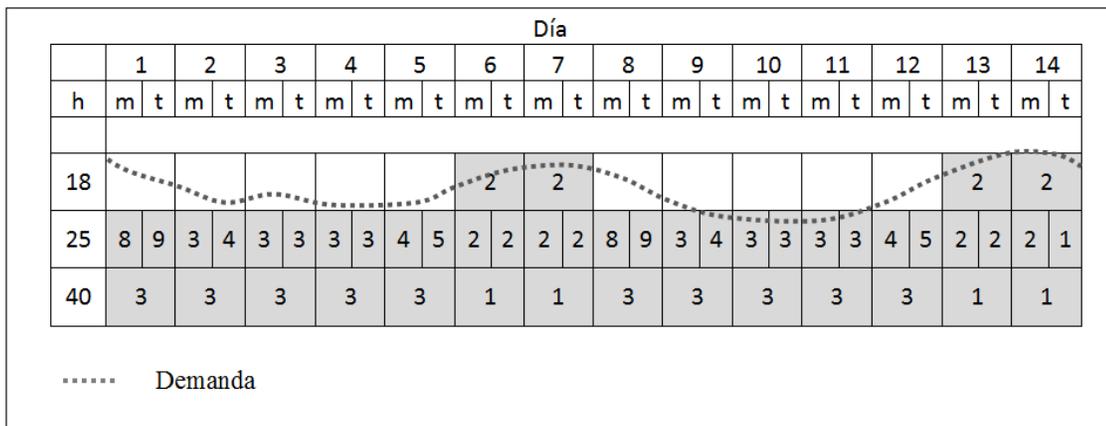


Figura 24: Ejemplo gráfico del funcionamiento de la variable de decisión en el modelo *Planning*.

7.1.1. Índices

- Jornadas $i = \{1, 2, 3\}$ con:

i	Jornada
1	18
2	25
3	40

Tabla 12: Jornadas usadas en los modelos.

- Departamento $j = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\}$ con:

j	Departamento	j	Departamento
1	Sport hombres	7	Computación
2	Rincón juvenil hombres	8	Textil
3	Sport damas	9	Muebles
4	Rincón juvenil damas	10	Confección damas
5	Niños 2-6	11	Audio/Video
6	Bebes/Rodados/Ropa interior		

Tabla 13: Departamentos usados en los modelos.

- Intervalo $h = \{1, 2\}$ con:

h	Horario	Intervalo
1	Mañana	10:30 - 16:30
2	Tarde	16:30 - 21:30

Tabla 14: Intervalos horarios usados en el modelo *Planning*.

- Mes $m = \{1, 2, \dots, 12\}$
- Día $d = \{1, 2, \dots, \mathbf{NDT}_m\}$

7.1.2. Parámetros:

- $\mathbf{Cost}_{i,j}$ = Costo mensual en remuneraciones asociado a un trabajador de jornada i , dpto. j .
- $\mathbf{D}_{j,d,m,h}$ = Demanda (transacciones) pronosticadas para el dpto. j , día d , mes m e intervalo h .
- \mathbf{Ta}_j = Tiempo medio de atención de un trabajador en el dpto. j .
- \mathbf{Hj}_i = Horas ordinarias contratadas semanalmente para un trabajador de jornada i .

i	\mathbf{Hj}_i
1	18
3	25
5	40

Tabla 15: Horas ordinarias contratadas semanalmente según jornada en los modelos.

- $FDS_{d,m} = \begin{cases} 1 & \text{Si día } d \text{ del mes } m \in \text{fin de semana.} \\ 0 & \sim \end{cases}$
- $NDP_{i,m}$ = Número de días posibles para trabajar en el mes m según jornadas.
- NDT_m = Número de días del mes m.

7.1.3. Variables

I. Variables de decisión

$X18_{j,d,m}$ = Número de trabajadores de fin de semana y dpto. j asignados al día d del mes m.

$X25_{j,h,d,m}$ = Número de trabajadores *part-time* y dpto. j asignados al intervalo h del día d del mes m.

$X40_{j,d,m}$ = Número de trabajadores *full-time* y dpto. j asignados al día d del mes m.

Se opta por modelar a las variables separadamente por jornada. Esto con la intención de reducir tanto el número de variables creadas como la cantidad de restricciones.

II. Variables de estado

$Y18_{j,m}$ = Número de trabajadores de fin de semana del dpto. j contratados en el mes m.

$Y25_{j,h,m}$ = Número de trabajadores *part-time* del dpto. j e intervalo h contratados en el mes m.

$Y40_{j,m}$ = Número de trabajadores *full-time* y dpto. j contratados en el mes m.

7.1.4. Restricciones

Las siguientes restricciones se deben cumplir en todo el conjunto de índices libres, expresados entre paréntesis en el nombre de la restricción.

1- Relación entre X e Y (j, h, m):

$$\sum_{d=1}^{NDT_m} X18_{j,d,m} \leq NDP_{1,m} * Y18_{j,m}$$

$$\sum_{d=1}^{NDT_m} X25_{j,h,d,m} \leq NDP_{2,m} * Y25_{j,h,m}$$

$$\sum_{d=1}^{NDT_m} X40_{j,d,m} \leq NDP_{3,m} * Y40_{j,m}$$

Esta relación se explica sobre la siguiente igualdad: Las horas hombre (H.H) disponibles para un mes con “Y” trabajadores es mayor o igual a la suma de las H.H diarias utilizadas en ese mes.¹²

2- No asignar en un día más de los contratados en el mes (j, h, d, m):

$$X18_{j,d,m} \leq Y18_{j,m}$$

$$X25_{j,h,d,m} \leq Y25_{j,h,m}$$

$$X40_{j,d,m} \leq Y40_{j,m}$$

La relación entre X e Y asegura que se cumplan las H.H a nivel mensual. No obstante, deja abierta la posibilidad de asignar más H.H a un día de lo que el personal total puede entregar, problema que soluciona esta restricción.

3- **X18_{j,d,m}** solo fin de semana (j, d, m):

$$X18_{j,d,m} \leq M * (FDS_{d,m}) \quad M \text{ grande}$$

No asignar a trabajadores de fin de semana en día de la semana. Se utiliza una constante M con un alto valor para, en caso que **FDS_{d,m}** sea igual a 1, la restricción no sea activa.

4- Demanda (j, h, d, m):

$$\left(\left(X18_{j,d,m} * \frac{Hj_1}{4} \right) + \left(X25_{j,h,d,m} * \frac{Hj_2}{5} \right) + \left(X40_{j,d,m} * \frac{Hj_3}{10} \right) \right) \frac{60}{Ta_j} \geq D_{j,d,m,h}$$

Satisfacer la demanda del intervalo horario h, departamento j, día d y mes m.

5- Personal mínimo full-time (j, d, m):

$$1 \leq X40_{j,d,m}$$

Asegurar que en todos los departamentos exista un trabajador full-time para abrir y cerrar la tienda.

¹² En el anexo G se muestra en detalle el procedimiento para llegar a la restricción 1 y 4.

6- Naturaleza de las variables (j, h, d, m):

$$X18_{j,d,m}, X25_{j,h,d,m}, X40_{j,d,m} \in \mathbb{IN}^{13}$$

$$Y18_{j,m}, Y25_{j,h,m}, Y40_{j,m} \in \mathbb{IN}$$

7.1.5. Función Objetivo

$$\text{Min } Z = \sum_m \sum_{j=1}^{11} \left(Y18_{j,m} * \text{Cost}_{1j} + \left[\sum_{h=1}^2 Y25_{j,h,m} * \text{Cost}_{2j} \right] + Y40_{j,m} * \text{Cost}_{3j} \right)$$

La función objetivo es minimizar el costo asociado a la asignación de personal. En otras palabras, minimizar la cantidad de personal utilizado por su respectivo costo asociado a su jornada/cargo. Lo anterior, siempre teniendo en cuenta las restricciones planteadas, que aseguran el buen servicio al cliente.

¹³ \mathbb{IN} = Números Naturales incluyendo el cero = {0, 1, 2, 3, 4, ...}.

Se aprecia que cada jornada puede generar distintos tipos de turnos y que para evitar el *Scheduling* de los descansos se opta por modelar el descanso en el doble de módulos pero a media capacidad (0.5). A continuación, en la figura 26 se ilustra el sistema de turnos utilizado por la jornada de 40 horas, los “unos” en los distintos intervalos horario h significan que el trabajador debe trabajar. La jornada de 40 horas tiene un máximo de 5 turnos posibles, cifra que aumenta a 15 si se incluyen turnos con horas extras.

h =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Turn.																						
5,1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1				
5,2		1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1		
5,3			1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	
5,4				1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1
5,5					1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1

Figura 26: Ejemplo de turnos para una jornada de 40 horas semanales.

En la tabla 16 se aprecia el total de combinaciones posibles por jornada. Se observa que la jornada de 25 horas tiene una amplia gama de posibilidades, lo que se traduce en mucha complejidad para el modelo. Sin embargo, no es necesario utilizar toda la gama de posibilidades, ya que se pueden lograr buenos resultados utilizando un set de turnos conveniente. Además, la jornada de 25 horas es vista como “de mañana” y “de tarde”, por lo que se usan únicamente las jornadas que representan estas partes del día. En el Anexo H se puede apreciar el detalle de los turnos finales a utilizar de las jornadas de 18, 25 y 40 horas.

Jornada i	$Ntur_i$
18	6
25	45
40	15

Tabla 16: Número de configuraciones de turnos posibles.

7.2.1. Índices

Los siguientes índices son iguales a los planteados en el modelo anterior:

- Jornadas $i = \{1, 2, 3\}$
- Departamento $j = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\}$
- Día $d = \{1, 2, \dots, NDT_m\}$

Los siguientes índices cambian o son agregados:

- Mes $m = \{1, 2, 3\}$

Se opta por probar el modelo en los últimos 3 meses: Julio, Agosto y Septiembre de 2012. Esto porque la distribución real diaria de dotación y horas trabajadas está accesible para los últimos meses únicamente.

- Intervalo $h = \{0, 1, 2, 3, 4, \dots, 21\}$ con:

h	Intervalo	h	Intervalo	h	Intervalo	h	Intervalo	h	Intervalo
0	10:30 - 11:00	5	13:00 - 13:30	10	15:30 - 16:00	15	18:00 - 18:30	20	20:30 - 21:00
1	11:00 - 11:30	6	13:30 - 14:00	11	16:00 - 16:30	16	18:30 - 19:00	21	21:00 - 21:30
2	11:30 - 12:00	7	14:00 - 14:30	12	16:30 - 17:00	17	19:00 - 19:30		
3	12:00 - 12:30	8	14:30 - 15:00	13	17:00 - 17:30	18	19:30 - 20:00		
4	12:30 - 13:00	9	15:00 - 15:30	14	17:30 - 18:00	19	20:00 - 20:30		

Tabla 17: Intervalos horarios usados por el modelo *Scheduling*

- Trabajador número $z = \{0, 1, 2, 3, 4, \dots\}$, identificador que representa a cada trabajador.
- Turno $t_i = \{1, \dots, N_{tur_i}\}$, para $i = \{1, 2, 3\}$ con:

Jornada	Turno	t_i
18	t1	{1, 2}
25	t2	{1, 2, ..., 4}
40	t3	{1, 2, 3}

Tabla 18: Descripción del índice: “turno t_i ”; utilizado por el modelo *Scheduling*

7.2.2. Parámetros:

Los siguientes parámetros son iguales a los planteados en el modelo anterior:

- $Cost_{i,j}$ = Costo mensual en remuneraciones asociado a un trabajador de jornada i , dpto. j .
- Ta_j = Tiempo esperado de atención de un trabajador del dpto. j .
- $FDS_{d,m} = \begin{cases} 1 & \text{Si día } d \text{ del mes } m \in \text{fin de semana.} \\ 0 & \sim \end{cases}$
- NDT_m = Número de días del mes m .

Los siguientes parámetros cambian o son agregados:

- $Turn_{i,t_i,h} = \begin{cases} 1 & \text{Si el turno } t_i \text{ de la jornada } i \text{ asigna para trabajar al intervalo } h. \\ 0 & \sim \end{cases}$
- $D_{j,d,m,h}$ = Demanda (transacciones) pronosticadas para el dpto. j , día d y mes m . y módulo h

7.2.3. Variables

I. Variables de decisión

$$Xi_{z,j,t_i,d,m} = \begin{cases} 1 & \text{Si el trabajador } z \text{ de jornada } i \text{ y dpto } j \text{ es asignado al turno } t_i, \text{ día } d \text{ y mes } m \\ 0 & \sim \end{cases}$$

II. Variables de estado

$$Xdi_{z,j,d,m} = \begin{cases} 1 & \text{Si el trabajador } z \text{ de la jornada } i \text{ y dpto. } j \text{ es asignado en el día } d, \text{ mes } m. \\ 0 & \sim \end{cases}$$

$X_{mi_{z,j,m}} = \begin{cases} 1 & \text{Si el trabajador } z \text{ de la jornada } i \text{ y dpto. } j \text{ es asignado en el mes } m. \\ 0 & \sim \end{cases}$

$Y_{i,j,m}$ = Número de trabajadores de la jornada i y dpto. j asignados en el mes m .

7.2.4. Restricciones

1- Restricciones horarias: Las siguientes restricciones están cubiertas al imponer que el trabajador respete los turnos posibles según su jornada:

- Jornada diaria ordinaria no superior a 10 horas (Art. 28)
- Máximo 2 horas extraordinarias al día (Art. 31)
- Descanso diario mínimo de 0.5 horas en jornadas 40 y 45 (Art. 34)
- Descanso diario mínimo de 0.5 horas y máximo de 1 hora en jornadas 25 y 30 (Art. 40 bis A)
- No trabajar antes de las 6:00 ni después de las 21:00, después ni antes de un feriado, resp. (Art 36).

2- Los trabajadores de jornada de 18 horas sólo pueden asignarse en los fines de semana (z, j, d, m):

$$X_{di_{z,j,d,m}} \leq M * (FDS_{d,m}) \quad i \in \{1, 2\} \quad M \text{ grande}$$

3- Respetar Tour semanal de 5x2. Esto soluciona la restricción del Art. 28, que señala que un trabajador de jornada de 40 horas tendrá entre 5 y 6 días laborales por semana (z, j, m):

$$\sum_d^{d+6} X_{di_{z,j,d,m}} \leq 5$$

$$\forall d = \{1, 2, \dots, NDT_m - 6\}$$

4- Respetar feriados irrenunciables: Art 2, leyes N°19.973 y N°20.215: Los días 1 de mayo, 18 y 19 de septiembre, 25 de diciembre y 1 de enero serán feriados obligatorios para todos los dependientes del comercio:

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^3 X_{di_{z,j,d,m}} = 0$$

$$\forall d, m = \{\text{fechas de feriados irrenunciables}\}$$

5- Asignar 2 domingo de los descansos del mes (Art 38) para jornadas de más de 20 horas (z, j, m):

$$\sum_d \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m} \leq \mathbf{N}^{\circ} \text{ de domingos}_m - 2$$

$$\forall \mathbf{d} = \{\text{días domingo}\}, \quad \mathbf{i} = \{2, 3\}$$

6- Satisfacer demanda (j, h, d, m):

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{z=1}^{z_i} \sum_{ti=1}^{Ntur_i} \left(\frac{\mathbf{Xi}_{z,j,ti,d,m} * \mathbf{Turn}_{i,ti,h}}{2} \right) \frac{60}{\mathbf{Ta}_{c,j}} \geq \mathbf{D}_{j,d,m,h}$$

7- Mínimo full-time en apertura y cierre de la tienda (j, d, m):

$$\sum_{z=1}^{z_3} \sum_{t3=1}^{Ntur_3} (\mathbf{X3}_{z,j,t3,d,m} * \mathbf{Turn}_{i,t3,0}) \geq 1$$

$$\sum_{z=1}^{z_3} \sum_{t3=1}^{Ntur_3} (\mathbf{X3}_{z,j,t3,d,m} * \mathbf{Turn}_{i,t3,21}) \geq 1$$

8- Relaciones entre variables

- Relación turno/día para trabajador z (z, j, d, m):

$$\sum_{ti=1}^{Ntur_i} \mathbf{Xi}_{z,j,ti,d,m} = \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m}$$

Esta restricción asegura que cada trabajador siga como máximo un turno cada día, ya que Xdi es igual a cero o uno.

- Relación día/mes para trabajador z (z, j, m):

$$\left\lfloor \frac{\sum_{d=1}^{NDT_m} \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m}}{31} \right\rfloor = \mathbf{Xmi}_{z,j,m}$$

La relación anterior no es lineal, por lo que se modela de la siguiente forma linealmente:

$$\frac{\sum_{d=1}^{NDT_m} \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m}}{31} \leq \mathbf{Xmi}_{z,j,m}$$

$$\sum_{d=1}^{NDT_m} \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m} \geq \mathbf{Xmi}_{z,j,m}$$

Viendo la primera desigualdad, si se asigna al trabajador z en algún día del mes, $\sum_{d=1}^{NDT} \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m} / 31$ es una fracción mayor que cero y menor o igual a 1. Por lo que X_{mi} sólo puede tomar el valor uno. Si no se asignó en ningún día, entonces $\sum_{z=1}^Z \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m} / 31$ es igual a cero, por lo que X_{mi} puede ser cero o 1. En este caso entra en juego la segunda restricción. Esta última, en caso de que $\sum_{z=1}^Z \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m}$ es igual a 0, obliga a que X_{mi} también sea cero. En caso contrario, no afecta la igualdad anterior (exigiendo a X_{mi} ser menor que el total de días trabajados).

- Relación cantidad de trabajadores en el mes (i, j, m):

$$\sum_{z=1}^Z \mathbf{Xmi}_{z,j,m} = Y_{i,j,m}$$

- 9- Un trabajador z sólo puede ser asignado a un departamento (i, z, m):

$$\sum_{j=1}^{11} \mathbf{Xmi}_{z,j,m} \leq 1$$

- 10- Naturaleza de las variables (i, j, d, m, h):

$$Y_{i,j,m} \in \mathbf{IN}$$

$$\mathbf{Xi}_{z,j,t,d,m}, \mathbf{Xdi}_{z,j,d,m}, \mathbf{Xmi}_{z,j,m} = \{0, 1\}$$

7.2.5. Función Objetivo

$$\mathbf{Min Z} = \sum_{m=1}^3 \sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^3 Y_{i,j,m} * \mathbf{Cost}_{ij}$$

La función objetivo es la misma que en el modelo anterior, ya que el costo depende de la cantidad de personal contratado y no de la distribución de éste en el mes.

“Para nosotros (orientales) el amor nace de la convivencia,
Para ellos (occidentales) muere en la convivencia”

Tío Alí, El Clon.

8. Resultados

En este capítulo se expondrán los resultados obtenidos de ambos modelos. Para lograr esto, se utilizará como input la data de ciertas tiendas, períodos y escenarios.

Primero, se analizarán los resultados encontrados en el modelo *Scheduling* en la tienda analizada. Esto utilizando como input tanto a la data real histórica como la pronosticada en el capítulo anterior. Además, se compararán los resultados con la situación actual. Luego, se ejecutará el modelo de *Planning* en el mismo escenario anterior, de forma de establecer la brecha existente entre el modelo teórico de planeación y el de *Scheduling*, que modela mejor la realidad. Posteriormente, se extenderá el análisis a otras 6 tiendas utilizando el modelo de planeación corregido. Finalmente, se hará un análisis de sensibilidad en las variables y un estudio de posibles escenarios, de forma de estudiar el impacto que generan en los resultados.

En cuanto a la plataforma de ejecución, el software utilizado fue GAMS V.23.0, utilizando el *solver* Cplex V.11.2.1. para optimizar un problema de programación lineal entera mixta (en inglés: MIP). Se estableció como criterio de optimalidad un *GAP* relativo de 5% para el primer modelo y 7.6% para el segundo. El hardware utilizado fue un computador con procesador Intel i7 2630QM y 8GB de ram.

En cuanto a los tiempos de ejecución, el modelo *Planning* demoró aproximadamente entre 10 y 30 segundos en ejecutarse para un total de 9 meses de una tienda. El modelo *Scheduling* demoró en promedio 45 min en ejecutar un solo mes de una tienda, alcanzando un mínimo 15 minutos y un máximo de 3 horas.

8.1. Resultados Modelo *Scheduling*

a) Data real

El modelo fue ejecutado introduciendo la data transaccional real ocurrida en la Tienda A en los meses de Julio, Agosto y Septiembre de 2012, utilizando las transacciones reales ocurridas en los 21 intervalos horarios de 30 min.

El output arrojado consiste en la obtención de todas las variables de decisión planteadas en el modelo: $X_{i,j,t_i,d,m}$, $X_{di,z,j,d,m}$, $X_{mi,z,j,m}$ e $Y_{i,j,m}$. En otras palabras, la primera variable entrega para cada mes y departamento, en caso de asignarse, los turnos diarios a seguir. Luego, la variable de estado X_{di} muestra

únicamente el tour de días a seguir. Sucesivamente, X_{mi} indica qué trabajadores z se utilizarán en el mes m y finalmente la variable Y nos muestra cuántos trabajadores se utilizan en el mes m , departamento j y del tipo de jornada i (18, 25 o 40).

A continuación se muestra un ejemplo que resume la información entregada por las tres variables “X”, para 3 trabajadores $z = “a”, “b”$ y “c”, provenientes del output del mes de agosto en el departamento Sport Hombres. Se puede observar que aunque el objetivo no sea el *Scheduling*, lo que se obtiene es bastante similar. En el ejemplo, el trabajador “c” sabe qué días debe trabajar y qué turnos seguir en cada día (lo que indica a qué hora empieza, descansa y sale).

		día / turno															
Trabajador	Jornada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
a	18				t2	t2						t3	t1				
b	25	t4	t4	t3	t1			t1	t4		t1	t4			t3		
c	40	t3		t3	t1			t2		t1	t3		t1		t3	t3	
Trabajador	Jornada	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
a	18			t2	t3							t3					
b	25	t1		t4	t3		t4	t1				t3			t3		
c	40		t1		t3		t2		t3	t2	t1			t1	t3	t3	t2

Tabla 19: Ejemplo que resume el output de las variables: X, Xi y Xd del modelo *Scheduling*.

La ventaja de obtener una planeación a tal detalle es que se pueden aplicar restricciones individuales a cada trabajador, acercándose más a la realidad y no subestimando el personal. Al plantear y resolver el problema como uno de programación lineal mixto, todas las restricciones fueron cumplidas para todos los trabajadores. Esto quiere decir que ningún trabajador trabaja más de 5 días seguidos, no tendrá sus 2 domingos de descanso (si corresponde) o trabajará más tiempo de lo legalmente aceptado.

Antes de examinar los resultados totales, se debe entender la forma de comparar situaciones más allá de las jornadas. Una buena forma de hacerlos es mediante la variable: “número de horas hombre (H.H) contratadas” o mejor aún el “equivalente a personal full-time” 40hrs (en inglés FTE), que es igual al número de H.H. contratadas al mes / 160. Entonces, el FTE de tener sólo personal full-time es equivalente a la dotación, pero el FTE de tener por ejemplo: 2 personas F.T.40 y 2 P.T.25 es igual a 3.25.

J	Departamento	Julio				Agosto				Septiembre			
		P.T	F.T	F.D.S	Total	P.T	F.T	F.D.S	Total	P.T	F.T	F.D.S	Total
1	Sport hombres	3	3	7	13	2	4	6	12	1	3	4	8
2	Rincón juvenil hombres	3	1	7	11	1	3	5	9	3	4	4	11
3	Sport damas	2	6	9	17	2	8	7	17	0	6	12	18
4	Rincón juvenil damas	4	5	8	17	2	3	8	13	2	5	7	14
5	Niños 2-6	1	1	4	6	1	1	4	6	0	2	4	6
6	Bebes/Rodados/Ropa interior	2	3	5	10	2	3	4	9	1	3	4	8
7	Computación	2	3	6	11	3	4	5	12	2	3	4	9
8	Textil	2	4	6	12	2	3	5	10	2	4	4	10
9	Muebles	2	5	4	11	2	5	5	12	2	1	7	10
10	Confeción damas	2	6	6	14	1	3	5	9	1	3	5	9
11	Audio/Video	3	2	6	11	6	4	5	15	4	4	4	12
	Total	26	39	68	133	24	41	59	124	18	38	59	115

Tabla 20: Resultados obtenidos del modelo *Scheduling* en cuanto a dotaciones para los 3 meses.

Para los resultados absolutos, la tabla 20 muestra que el modelo requiere a 133 personas para julio, 124 para agosto y 115 para septiembre. Además, no sólo se obtiene la variación absoluta de personal, indicando si para el siguiente mes se tendrá que contratar más personal, sino que también se observa el cambio en la distribución de éste. Esto quiere decir que aún si se tienen 2 meses consecutivos con igual cantidad de dotación, la proporción part-time/full-time puede ser distinta, ya que la distribución transaccional horaria y de los días difiere, hecho que el modelo toma en cuenta. En cuanto al índice de flexibilidad = dotación full-time / total, se mantiene bastante constante entre meses, tomando valores de 51,1%, 47,6% y 51% para los meses de Julio, Agosto y Septiembre respectivamente.

Si comparamos la situación planteada con la actual en la tienda, a continuación, la tabla 21 muestra que el modelo requiere de una cantidad significativamente menor de FTE respecto a la situación actual. Además, se puede apreciar que algunos departamentos cuentan con reponedores y vendedores. Se compara con ambas situaciones debido a que los reponedores también pueden realizar la venta, sin embargo, tienen un perfil distinto, mucho menos focalizado a vender, por lo que no pueden ser reemplazados directamente por vendedores. Se obtiene que 8 de los 11 departamentos están sobre dotados en ambas comparaciones. Las excepciones son el departamento 6 y 11 en el mes de Julio, el 11 en Agosto y el 5 en Septiembre. Estos casos indican que el nivel transaccional de esos meses requería de más personal, traducándose en un bajo servicio al cliente. Los casos de sobre dotación indican que hay un exceso de personal respecto a la demanda transacción.

	FTE														
	julio						julio					julio			
Dpto.	Mod.	Dpto.	Mod.	Dpto.	Mod.	Dpto.	Mod.	Dpto.	Mod.	Ven.	V+R	Ven.	V+R	Ven.	V+R
1	10,2	1	10,2	1	10,2	1	10,2	1	10,2	-49%	-65%	-53%	-68%	-69%	-77%
2	9,0	2	9,0	2	9,0	2	9,0	2	9,0	-23%	-52%	-37%	-61%	-37%	-60%
3	13,7	3	13,7	3	13,7	3	13,7	3	13,7	-30%	-42%	-34%	-42%	-21%	-32%
4	12,9	4	12,9	4	12,9	4	12,9	4	12,9	-18%	-52%	-40%	-60%	-39%	-58%
5	5,1	5	5,1	5	5,1	5	5,1	5	5,1	-51%	-64%	-21%	-52%	17%	-21%
6	7,8	6	7,8	6	7,8	6	7,8	6	7,8	2%	-4%	-11%	-34%	-46%	-58%
7	8,8	7	8,8	7	8,8	7	8,8	7	8,8	-27%	-27%	-27%	-27%	-45%	-45%
8	9,4	8	9,4	8	9,4	8	9,4	8	9,4	-46%	-61%	-55%	-68%	-46%	-62%
9	8,0	9	8,0	9	8,0	9	8,0	9	8,0	-46%	-46%	-39%	-39%	-46%	-46%
10	10,7	10	10,7	10	10,7	10	10,7	10	10,7	-58%	-69%	-71%	-80%	-71%	-79%
11	8,6	11	8,6	11	8,6	11	8,6	11	8,6	7%	7%	27%	27%	-4%	-4%
Total	104	163	213	95	161	213	90,85	162,8	209	-36%	-51%	-41%	-55%	-44%	-57%

Tabla 21: Resultados del modelo *Scheduling* en términos de FTE versus la situación actual.

Es posible verificar si estos resultados tienen lógica. En el Anexo I se presenta el ratio: horas contratadas / transacción, representando cuánto tiempo se está contratando por cada transacción. Sin embargo, al comparar estos índices con los tiempos esperados por cada transacción obtenidos en el capítulo 6, a través de dividir el primer ratio por los tiempos mencionados, se obtiene un índice que muestra la proporción entre lo que se dedica y lo que se debiese dedicar. La siguiente tabla 22 muestra este último índice. Se observa que hay una directa relación con los cambios sugeridos por el modelo, los departamentos que requieren más personal tienen los índices más bajos y los que requieren la mayor reducción, por ejemplo, el dpto. 10 (Confección damas), que llega en Agosto al índice de reducción más alto (80%), presenta también el índice más alto en la segunda tabla (10,4).

J	Departamento	Julio		Agosto		Septiembre	
		V.	V.+R.	V.	V.+R.	V.	V.+R.
1	Sport hombres	3,91	5,62	5,17	7,61	7,31	10,0
2	Rincón juvenil hombres	2,86	4,58	4,14	6,63	3,71	5,81
3	Sport damas	2,23	2,71	2,60	3,01	2,43	2,79
4	Rincón juvenil damas	2,12	3,60	3,10	4,64	3,03	4,46
5	Niños 2-6	6,02	8,11	4,99	8,19	3,24	4,77
6	Bebes/Rodados/Ropa interior	2,29	2,42	2,55	3,45	4,39	5,59
7	Computación	3,53	3,53	4,29	4,29	5,25	5,25
8	Textil	4,20	5,83	5,01	6,96	4,86	6,86
9	Muebles	7,88	7,88	7,58	7,58	9,78	9,78
10	Confección damas	4,86	6,58	7,33	10,40	7,69	10,55
11	Audio/Video	1,98	1,98	2,15	2,15	2,58	2,58
	Promedio	3,81	4,80	4,45	5,90	4,93	6,22

Tabla 22: Ratio: Horas contratadas / (transacciones * tiempos de atención).

En términos monetarios, la figura 27 traduce los cambios de H.H a pesos tomando el sueldo base (input del modelo) y también el “Rem. por cargo” (sueldo más bonificaciones). Se ve que por ejemplo, para el mes de Julio, tomando el sueldo base, el modelo propone una mejora absoluta de MM \$11.6 versus la situación actual de vendedores y de MM \$19.9 si se compara con la situación actual de vendedores más reponedores. Ahora, si se toma el “Rem. por cargo”, las diferencias ascienden a MM \$32,3 y MM \$43.9 versus la situación actual de vendedores y vendedores más reponedores respectivamente.

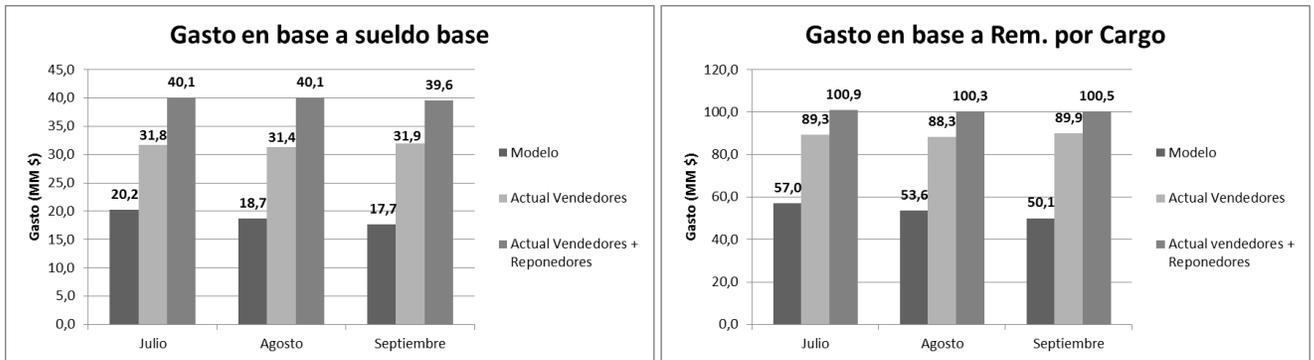


Figura 27: Resultados obtenidos del modelos *Scheduling* en términos monetarios versus situación actual.

Por otra parte, si se analiza el nivel de servicio¹⁴ la figura 28 muestra dos ejemplos del comportamiento del modelo según el departamento para el día 4 de Agosto. Se observa cómo el modelo asigna personal a los turnos de forma de siempre estar por sobre la demanda. En los departamentos de alto nivel transaccional se logra un mejor ajuste, ya que la demanda diaria sigue una curva suave. En el otro extremo, los departamentos de bajo nivel transaccional tienen un mayor porcentaje de tiempo ocioso.

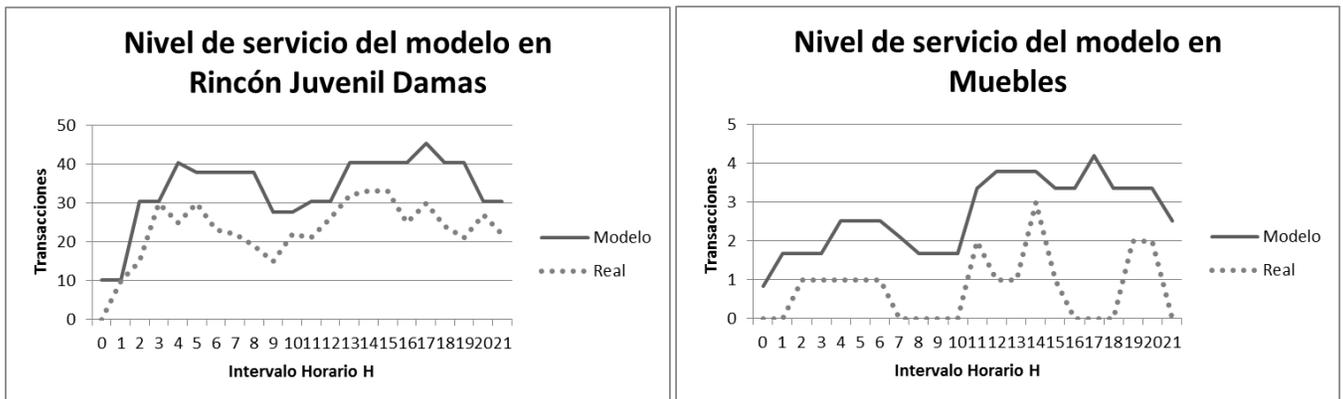


Figura 28: Ejemplos de los resultados en términos de nivel de servicio dentro de un departamento.

En cuanto a las cifras agregadas, a continuación en la figura 29 se presenta gráficamente la distribución transaccional en el día para el mes de Agosto. Se pueden observar dos comportamientos interesantes. Por un lado, se ve que a nivel agregado el modelo emula la distribución transaccional diaria real, pareciéndose

¹⁴ Para analizar el nivel de servicio, se comparan las transacciones reales con la capacidad transaccional ($H.H * 60 / T_a$) de la dotación existente en ese intervalo horario.

a las dos curvas Weibull (mañana y tarde) encontradas en la demanda, pero de forma más fraccionada (no tan suave). Esto se debe a que, si bien los distintos turnos ayudan a crear una curva similar, las opciones son limitadas. Por otro lado, se aprecia una brecha importante entre ambas curvas, equivalente a personal ocioso. Esto se debe al efecto visto previamente en la figura 28, donde la misma volatilidad en la demanda produce esta ineficiencia de tener más personal desocupado en los momentos de baja demanda. La curva agregada sólo reúne el total de estas ineficiencias ocurridas en cada intervalo horario y departamento.

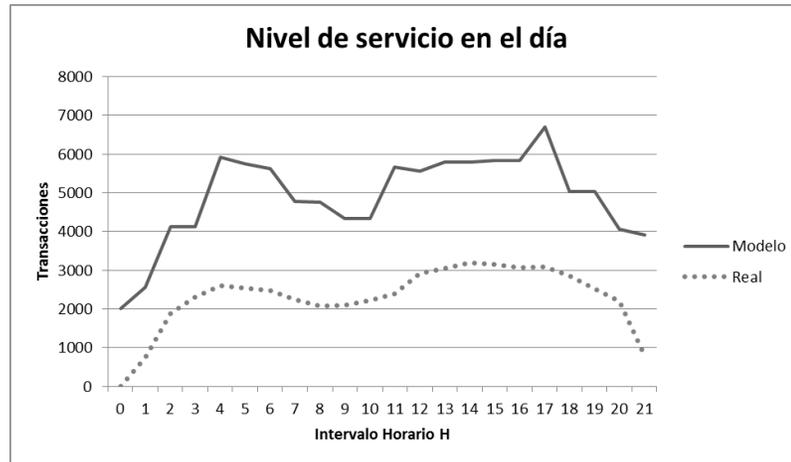


Figura 29: Resultado del modelo *Scheduling* en cuanto al nivel de servicio durante el día.

Al analizar los resultados durante el mes, la figura 30 compara las transacciones reales versus la capacidad transaccional actual (solo vendedores), actual (vendedores más reponedores) y del modelo. Se puede observar que el modelo se ajusta prácticamente de forma perfecta a la demanda real, pero manteniendo la misma brecha de ineficiencia observada previamente en la distribución durante el día. Si se compara con la situación actual, se concluye que el modelo tiene un nivel de servicio más eficiente que el actual, ya que asegura tener el personal necesario pero representando 2,1 veces la demanda, versus 2,8 y 3,7 veces el modelo actual sin y con reponedores resp. En el Anexo J y K se presentan resultados similares en los otros 2 meses.

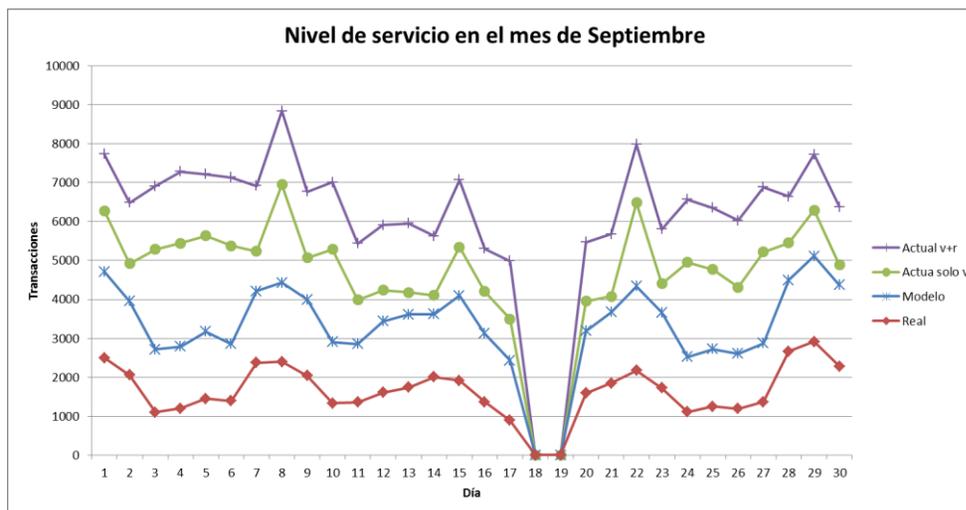


Figura 30: Resultado del modelo *Scheduling* en cuanto al nivel de servicio de Septiembre.

b) Data forecast

Ahora se analiza el caso de introducir la demanda estimada mediante la metodología realizada en el capítulo 6. A continuación se muestran los resultados del mes de Julio y en el Anexo L se pueden consultar los de los otros 2 meses. Los resultados indican que para los meses de julio y agosto, el *forecast* sugiere una dotación en términos de FTE menor, resultando en un presupuesto más bajo. Para el mes de septiembre sucede lo contrario, sugiriendo un FTE (y presupuesto) mayor. Además, se obtiene que el nivel de servicio¹⁵ es alto, teniendo en los 3 meses un índice mayor al 90%. Específicamente, se aprecia en la figura 23 que en el mes de Julio, un 94% de los intervalos horarios del mes están cubiertos.

	Dot. 18	Dot. 25	Dot. 40	FTE	Sueldo Base	Dif. % FTE	Dif. Sueldo	Servicio	Media no serv.
Dda. real	26	39	68	104,1	19.837.869	6,3%	1.190.735	1	0%
Forecast	32	52	51	97,9	18.647.134			0,9421	22,2%

Tabla 23: Resultados del modelo *Scheduling* utilizando las transacciones pronosticadas para Julio.

A nivel agregado, la figura 31 muestra gráficamente el nivel de servicio del modelo utilizando data real y *forecast*. Se observan dos efectos, por un lado, al utilizar la demanda pronosticada, se evita alcanzar valores extremos. Esto porque se utilizó el percentil 75 para la distribución horaria en el día, lo que conlleva a sobre estimar la demanda en un 10%, pero al mismo tiempo se evitan los valores extremos en el día. El resultado es que al modelo le es más fácil ajustarse a la demanda estimada (es más suave), pero sobre estima para compensar la no utilización de los valores extremos. En el Anexo L se presentan los resultados de los otros dos meses.

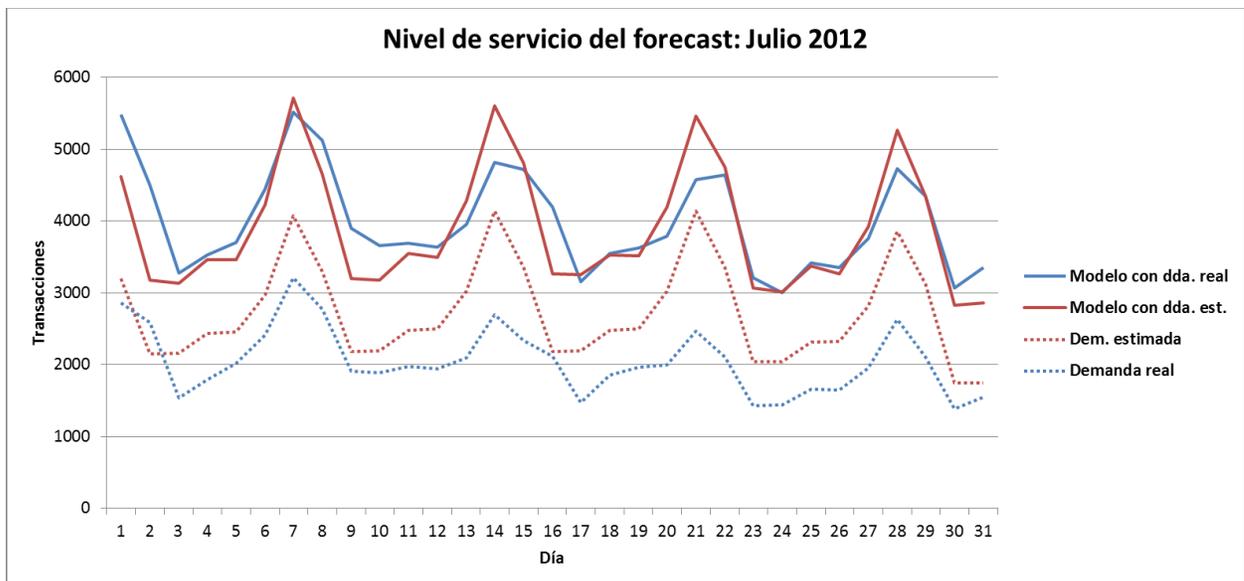


Figura 31: Nivel de servicio del modelo en el mes de Julio utilizando el *forecast* transaccional.

¹⁵ El nivel de servicio es visto como 2 índices. El primero es el porcentaje de intervalos horarios cubiertos = Número de registros en que la capacidad transacción del modelo es mayor a la demanda real / total de registros. El segundo es el promedio de los porcentajes no cubiertos.

8.2. Comparación entre modelos

Si bien el modelo *Scheduling* es preciso y refleja bien la realidad, el nivel de procesamiento al que hace uso (millones de iteraciones) presenta una traba a la hora de extender el análisis a más meses y tiendas. Entonces, el modelo *Planning* se presenta como una buena oportunidad de continuar el análisis. Antes de ejecutar este modelo, se debe encontrar el nivel de ajustes que lo hace equivalente al modelo anterior. Esto porque se tiene la hipótesis de que el modelo *Planning*, al ser muy teórico y omitir muchas restricciones existentes en la realidad, subestimarán los niveles reales necesarios.

La figura 32 es construida a partir de los dos modelos. El modelo *Planning* es ejecutado con una demanda amplificada por un factor, obteniendo el FTE correspondiente a ese mes. Este proceso es repetido en 17 ocasiones, aumentando el factor en tramos de 10%. Por otro lado, los FTE encontrados del modelo *Scheduling* son puestos como una constante. Finalmente, se encuentra el punto de intersección de las curvas correspondientes. Se observa que al aplicar esta metodología a los tres meses, el resultado es consistente, teniendo que el factor de amplificación cercano a 1,8.

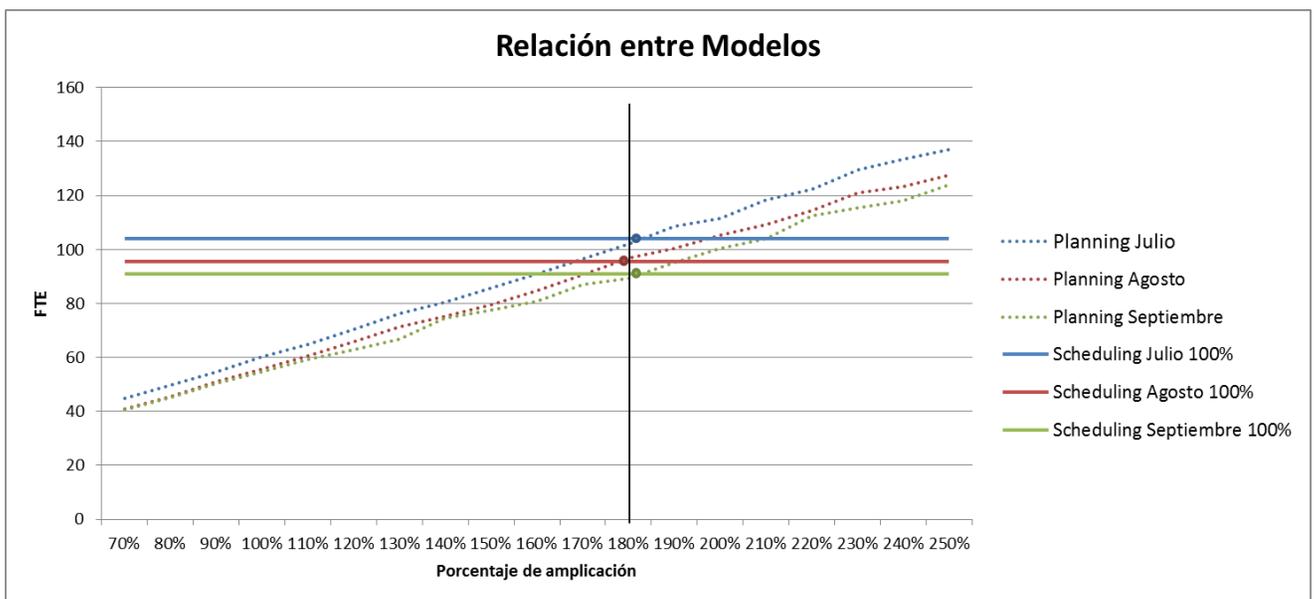


Figura 32: Proceso para encontrar el factor de corrección entre los dos modelos.

Para encontrar el valor de este punto, se utilizará la media de las interpolaciones lineales de las tres curvas. Esto usando los puntos más próximos encontrados: $x_1 = 1,8$ y $x_2 = 1,9$. Con unos cálculos sencillos se llega a la siguiente fórmula para encontrar el x^* buscado para cada mes:

$$x^* = \frac{y - y_1 + mx_1}{m}$$

Luego, se obtienen valores de 1.83, 1.76 y 1.82 para los tres meses, promediando 1.8079. Finalmente, aproximando este último valor a su primer decimal, se obtiene como factor corrector a 1,8.

8.3. Resultados modelo *Planning* 7 tiendas

Ya teniendo definido el ajuste entre modelos, se procede a ejecutar el modelo *Planning* ya ajustado sobre otras 6 tiendas adicionales a la Tienda A. Es importante recalcar que el ajuste encontrado es correcto para el FTE total de la tienda. Si se quisiese encontrar los niveles de FTE por departamento, basta con optimizar el modelo con un arreglo de factores de ajuste por departamento. De todas formas, aún con la máxima precisión, la homologación es a nivel de FTE, ya que por su construcción, no se puede asegurar que los resultados del modelo *Planning*, en términos de las cantidades a contratar según jornada sean similares a los del modelo *Scheduling*.

A continuación se muestra la evolución del FTE mensual del total de los departamentos, comparando los resultados del modelo *Planning* con la situación actual con y sin reponedores, en conjunto con las transacciones divididas por 150¹⁶. Se analizarán tres tiendas, una representante de cada zona (norte, centro y sur)¹⁷. Las figuras correspondientes al resto de las tiendas pueden consultarse en el Anexo M.

Partiendo por la Tienda A, se observa en la figura 33 el mismo efecto visto en el modelo *Scheduling* para los meses de julio, agosto y septiembre. Además, ahora se tiene información de los otros meses del año. Se aprecia como la curva del modelo se parece a la curva transaccional. Contrariamente, la asignación actual es bastante lineal, observando únicamente una tendencia a la baja durante el año.

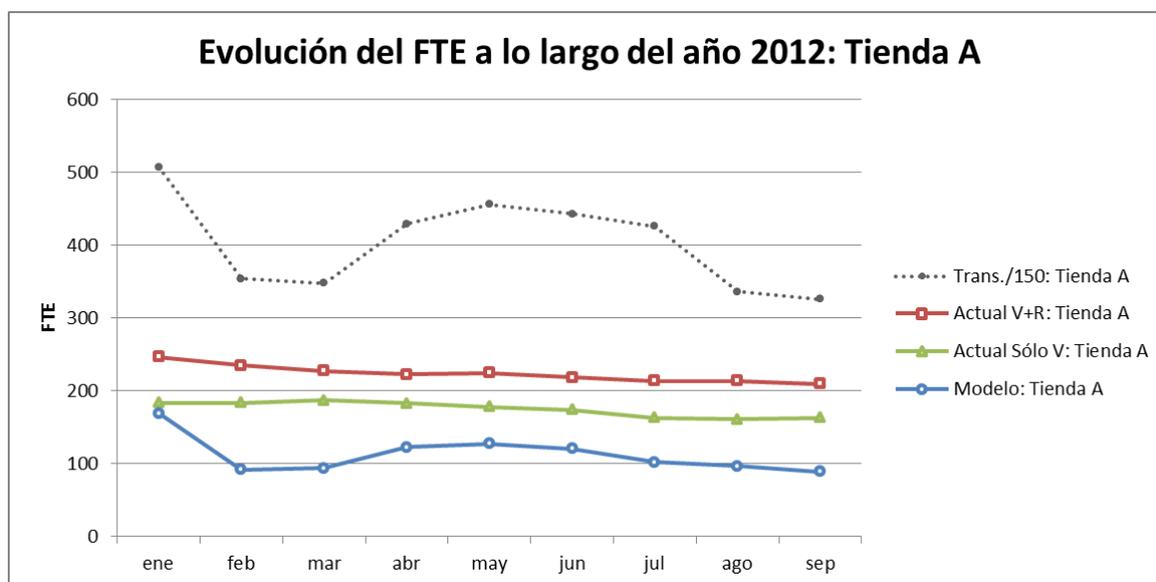


Figura 33: Resultados obtenidos por el modelo *Planning* en La Tienda A.

¹⁶ Se realiza la división con la intención de poder sobreponer las curvas en un mismo gráfico.

¹⁷ Los nombres de las tiendas quedan como anónimos por expresa decisión de la compañía.

Para la tienda Norte 1, en la figura 34 se puede apreciar que la curva del FTE del modelo está en sintonía con las transacciones reales. Si se compara con la situación actual, se observa que para los meses de enero y febrero, el modelo está por debajo de la situación actual, tanto si se consideran sólo los vendedores como si se considera los vendedores y reponedores. En Junio el modelo está por sobre la situación actual (de ambos casos), pero esto no es malo, ya que las transacciones en ese mes fueron las más alta del año, por lo que la situación actual estaba sub-dotada, traduciéndose en bajo servicio y sobre trabajo.

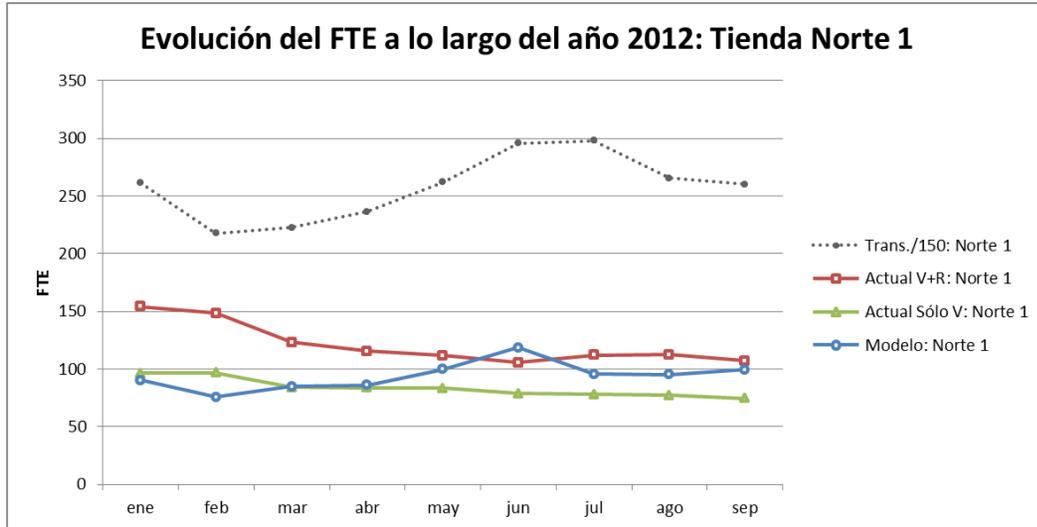


Figura 34: Resultados obtenidos por el modelo *Planning* en Tienda Norte 1.

Para la tienda Sur 2, una vez más se aprecia que el modelo evoluciona acorde con las transacciones reales. En este caso se aprecia que sólo en los meses de mayo y junio el modelo sugiere más personal que el actual, lo que está correcto si se ven las transacciones, donde en esos meses se alcanzó el máximo anual (y la dotación actual de esos meses no varió)

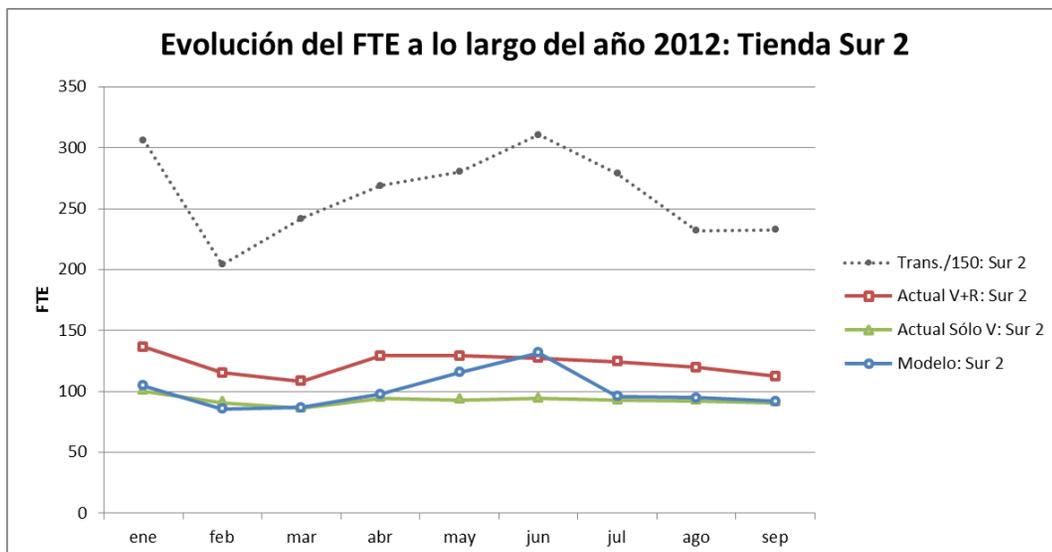


Figura 35: Resultados obtenidos por el modelo *Planning* en Tienda Sur 2.

9. Análisis de sensibilidad y escenarios

A continuación se pondrán a prueba los resultados a través de un análisis de sensibilidad. Además se utilizará la flexibilidad del modelo para testear el impacto que producirían cambios en el escenario actual.

9.1. Análisis de sensibilidad

El estudio de sensibilidad se realiza con el propósito de estudiar cuán susceptibles son los resultados a cambios en las variables estocásticas introducidas en el modelo. Entre las variables introducidas al modelo, sólo pueden variar las remuneraciones, los tiempos de atención (oferta) y la demanda. Sin embargo, las remuneraciones prácticamente no varían mes a mes, por lo que no hay problema en utilizarla como constante dada. Por otro lado, la oferta y demanda introducidas al modelo sólo afectan la restricción número 4 (modelo *Planning*) o 6 (modelo *Scheduling*). Si se analiza esta restricción, se puede notar que al multiplicar por los “tiempos de atención (T_a)”, se obtiene que las dotaciones asignadas deben superar el término $T_a \cdot Dem$. Esto significa que el aumentar un X% la demanda es equivalente a aumentar el mismo X% en la oferta (propiedad conmutativa). Esto es claro porque si aumentan las transacciones esperadas, entonces se requerirá de más personal, así mismo, si aumentan los tiempos medios de atención, también se requerirá de más personal, y en la misma proporción.

9.1.1. Sensibilidad del modelo Scheduling

Los resultados indican una reacción lineal ante cambios en la demanda u oferta. Por su pendiente, un aumento de un 1 % en la demanda u oferta equivale a un aumento de 0.78 FTE para ese mes.

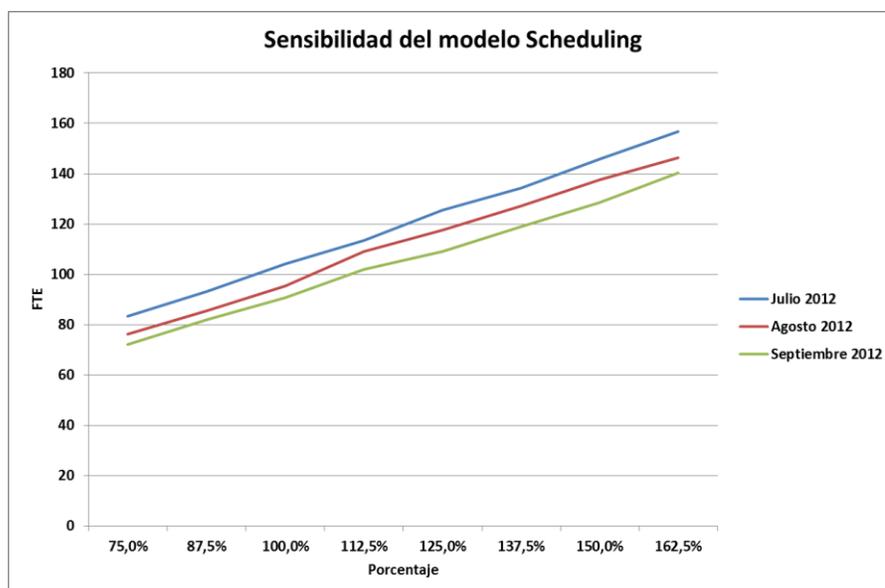


Figura 36: Análisis de sensibilidad en la demanda u oferta para el modelo *Scheduling*.

9.1.2. Sensibilidad del modelo *Planning*

Previamente, al encontrar el factor de corrección entre los modelos, se hizo un análisis de sensibilidad en tres meses con 17 aumentos progresivos de 10% c/u en la Tienda A. En ese análisis quedaron de manifiesto curvas prácticamente lineales, como quedó reflejado en la previa figura 32. Con el fin de ratificar este efecto, se realiza un procedimiento similar, donde se expone la variación de los resultados ante incrementos en la demanda o tasa de atención, con la diferencia de que ahora se realiza para todas las tiendas y tomando el FTE agregado de los 9 meses. Se observa en la figura 37 que la relación es lineal para todas las tiendas, pero las pendientes no son iguales a uno ni entre sí. Esto quiere decir que, por ejemplo, para la Tienda A, un 1% de aumento en la demanda o el tiempo de atención equivale a aumentar 5,14 unidades el FTE (agregado de los 9 meses). En cambio, para la tienda Santiago 3, un 1 % de incremento significaría un aumento de 8.26 unidades de FTE.

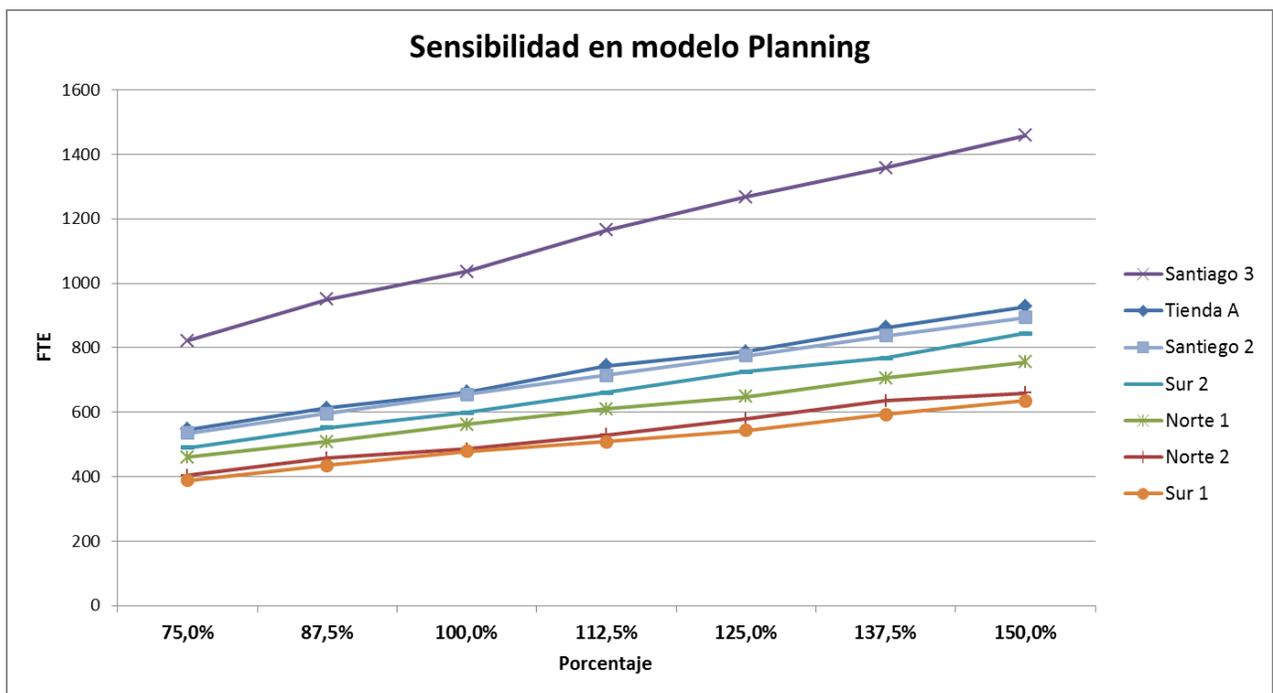


Figura 37: Análisis de sensibilidad en la demanda u oferta para el modelo *Planning*.

9.2. Impacto de distintos escenarios

Además de analizar la sensibilidad en las variables, resulta interesante estudiar la reacción del modelo ante otros tipos de cambios de interés. Específicamente, se analizará un cambio en las leyes laborales, en la aplicación de más turnos y esto último en conjunto con la incorporación de horas extra (fuera de la jornada laboral a un costo 50% mayor). Estos escenarios fueron aplicados sobre el modelo *Scheduling*.

9.2.1. Eventual cambio gubernamental de 2 a 3 domingos libres

Una de las inquietudes de la empresa es analizar el impacto que produciría un eventual cambio de la ley sobre el descanso dominical, pasando de 2 a 3 días en el mes. Para analizar este efecto, basta con modificar la restricción 5, reduciendo en una unidad el número total de domingos posibles a asignar en las jornadas de medio tiempo y tiempo completo. Es decir, ahora:

$$\sum_{\mathbf{d}} \mathbf{X} \mathbf{d} \mathbf{i}_{z,j,d,m} \leq \mathbf{N}^{\circ} \text{ de domingos}_m - 3$$

$$\forall \mathbf{d} = \{\text{días domingo}\}, \quad \mathbf{i} = \{2, 3\}$$

Como se aprecia en la tabla 24, los resultados muestran que un cambio así en la legislación provocaría en el promedio de los 3 meses un aumento del 10% en las remuneraciones, que en sueldo base es equivalente a MM \$11.5. Además, se observa que el modelo redistribuye las dotaciones según jornada. En promedio, la jornada de fin de semana aumenta en un 91% su dotación, la de media jornada disminuye en un 39% y la jornada completa aumenta en un 24%.

	Dotación Modelo				\$ Base Modelo	Dotación 3 dom.				\$ Base 3 dom.	Diferencia				
	18	25	40	total		18	25	40	total		18	25	40	Dot.	\$
julio	26	39	68	133	19.837.869	44	32	70	146	20.940.394	69%	-18%	3%	9,8%	5,6%
Ago	24	41	59	124	18.345.213	52	12	91	155	23.556.430	116%	-71%	54%	25%	28,4%
Sep	18	38	59	115	17.363.740	34	27	69	130	19.293.831	88%	-29%	17%	13%	11,1%
Total	68	118	186	372	115.060.429	130	71	230	431	126.611.837	91%	-39%	24%	16%	10,0%

Tabla 24: Resultados obtenidos al aplicar el escenario: 3 domingos libres.

9.2.2. Aumento del número de turnos y utilizar horas extras

El otro escenario analizado es la incorporación de más turnos y de las horas extras al modelo. Incrementar el número de turnos significa aumentar la gama de posibilidades de ordenar a los trabajadores en el día, por lo que se espera que esto tenga un efecto positivo en los costos. Por otro lado, la incorporación del concepto “horas extra” también puede ser realizada a través de la inclusión de más turnos, con la diferencia de que estos últimos tienen un número mayor de intervalos horarios asignados al día versus los turnos ordinarios.

Para poder ejecutar el modelo con horas extras, se debe incorporar la variable $\mathbf{HHEE}_{j,m}$: Horas extras utilizadas en el departamento j , mes m . Posteriormente, se procede a incluir la siguiente restricción y modificación de la función objetivo.

- Definición de $HHEE_{j,m}$ (j, m):

$$HHEE_{j,m} = \sum_{d=1}^{NDT} \sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^3 (0.5 * X_{z,j,\hat{t},d,m} + 1.0 * X_{z,j,\ddot{t},d,m} + 1.5 * X_{z,j,\ddot{\ddot{t}},d,m} + 2.0 * X_{z,j,\hat{\hat{t}},d,m})$$

Con:

\hat{t}_i = Turnos de la jornada i con 0.5 hora extra

\ddot{t}_i = Turnos de la jornada i con 1.0 hora extra

$\ddot{\ddot{t}}_i$ = Turnos de la jornada i con 1.5 horas extras

$\hat{\hat{t}}_i$ = Turnos de la jornada i con 2.0 horas extras

- Función Objetivo:

$$\text{Min } Z = \sum_{m=1}^3 \sum_{j=1}^{11} \left(HHEE_{j,m} * 1.5 * \text{Cost}_{1j} + \sum_{i=1}^3 Y_{i,j,m} * \text{Cost}_{ij} * \text{Cost}_{ij} \right)$$

Para el caso sin horas extra, significa tener 3 turnos de 18, 6 de 25 y 6 de 40. Si se agregan los turnos relacionados a las horas extras, se tienen 4 turnos en la jornada de 18, 15 en la de 25 y 11 en la de 40.

La siguiente tabla 25 muestra los resultados obtenidos al aumentar el número de turno, sin incluir los turnos ni restricciones asociadas a las horas extras. Se observa que se produjo una mejora de alrededor de un 2%. Sin embargo, esta mejora implica a la vez un aumento en el tiempo de ejecución de un 37%.

	Dot. 18	Dot. 25	Dot. 40	FTE	Sueldo Base	Tiempo de ejecución	Mejora (FTE)
Turnos iniciales	24	41	59	95,43	18345213	2908 (s)	2,09%
Con más turnos	23	45	55	93,48	17963457	4000 (s)	

Tabla 25: Resultados obtenidos al aplicar el escenario: Usar más turnos.

Para el caso de además incluir las horas extra, el modelo simplemente colapsa. Éste no es capaz de generar una solución con un gap relativo menor al 30% en más de 5 horas de ejecución. Se estima que la razón de este incidente se debe a la cantidad de turnos introducidos al modelo (40 turnos), lo que aumenta el número de variables al doble, pero el tiempo de ejecución aumenta de manera exponencial, llegando al estado de necesitar heurísticas de solución. Es importante esta conclusión porque ratifica que este problema es sumamente complejo y mientras más se intente recrear la situación real, menos son las posibilidades de encontrar óptimos sin métodos heurísticos.

“He vivido mil vidas,
y tú has estado en cada una de ellas”
Lucas, El Clon.

10. Conclusiones generales

Desde el punto de vista del levantamiento, éste fue logrado de buena forma. Se logró conocer la situación actual de la tienda seleccionada en términos de dotación, jornadas, cargos, departamentos, entre otros. Gracias a esto se da paso a la creación de un modelo que represente bien a la realidad.

La estimación de demanda y oferta resultó ser clave para la ejecución del modelo. La demanda fue estudiada en todos sus niveles: mes, semana, día, intervalo horario y departamento. Además, en conjunto con identificar los días especiales y tendencias observadas, se pudo llegar a un *forecast* con un índice de correlación de 0.86. Además, al utilizar los percentiles 75 en vez de las medias para el modelo, se sobre estima en un 10% la demanda, pero a cambio se llega un nivel de servicio superior al 90% en los tres meses utilizados. En cuanto a la oferta, si bien se utilizaron estudios internos, al categorizar el proceso en 4 etapas y encontrar los índices de ocurrencia relativa, se pudo establecer un tiempo esperado por transacción que representa bien el tiempo medio que le toma una transacción a un vendedor.

La construcción de dos modelos de programación es justificada. El modelo *Scheduling* incluye una gran cantidad de restricciones, lo que da robustez a los resultados. Sin embargo, el tiempo de ejecución y nivel de procesamiento es éste es muy alto (60-180 min por mes), por lo que sería irracional analizar a más de 2 o 3 tiendas en 12 meses. El modelo *Planning* resuelve éste problema, ejecutándose en menos de 1 minuto, lo que se traduce en extender el análisis a 9 meses y a otras 6 tiendas. Sin embargo, sus resultados están subestimados, ya que no considera muchas restricciones que obligan a requerir más personal.

El sistema de homologación entre modelos se muestra como una buena forma de validar los resultados del modelo *Planning*. Sin embargo, esta homologación fue llevada a un solo factor, lo que significa que sólo garantiza la validez del FTE mensual de la tienda. Para desglosar los resultados por departamentos, también es necesario hacer el desglose del factor de corrección según estos. Además, el informe se enfocó en la Tienda A, utilizando sus resultados de homologación entre modelos para el resto de las tiendas. Si bien el comportamiento de las tiendas es similar (% de transacciones que se lleva cada departamento), se está suponiendo que son iguales. Es posible darle más robustez al factor estableciendo *clusters* de tiendas similares, que compartan factores de homologación.

En cuanto a los resultados, estos estuvieron acorde con las expectativas. El modelo requiere de un 30% menos de presupuesto si se compara con la situación actual de vendedores y un 43% menos si además se incluyen a los reponedores. Es importante notar que los resultados fueron puestos a prueba en distintas situaciones, respondiendo dentro de lo esperado ante cambios en los parámetros o la aplicación de nuevos escenarios.

Por último, dado el estudio del *forecast*, el modelo no solo analiza la data histórica y muestra el desempeño del pasado, sino que es capaz de encontrar las cantidades de personal necesarias mes a mes hasta con un año de anticipación. Entonces, se está ante una herramienta que sirve tanto para controlar el desempeño pasado como para planificar a futuro el personal necesario en tienda. Luego, se puede concluir que se ha llegado a un instrumento sumamente útil para la planificación del personal en una tienda de retail y el control de la gestión en recursos humanos.

11. Trabajo futuro

A continuación se señala cómo y cuándo utilizar el modelo, de forma de establecer procedimientos claros del proceso de resolución de la memoria. Además, se mencionan las recomendaciones sugeridas para mejorar más el estudio abordado.

11.1. Proceso de utilización

El modelo puede ser utilizado para un horizonte de un año. Sin embargo, el *forecast* puede ser reajustado durante el año. Se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Hacer una consulta al sistema *data-warehouse* de la compañía, consultando por el número de transacciones por minuto (en caso de *Scheduling*) o por hora (en caso de *Planning*) para el último año y transacciones por día, para un horizonte de 3 años.
- b) Agrupar los datos en los intervalos horarios según exija el modelo. Esto fue hecho con el programa Java, donde basta con adaptar los datos al programa ya hecho.
- c) Seguir paso a paso el estudio de la demanda del capítulo 6. Es decir, transformar la data absoluta a porcentual y analizar la desviación estándar, cuando sea considerable, es necesario identificar la tendencia de días especiales que la explica. El output será la distribución de los meses, semanas, días, departamentos e intervalos horarios.
- d) Se deben transformar las transacciones estimadas a tablas legibles por el programa GAMS¹⁸. Esto significa, los números de los registros tienen que estar en columnas paralelas y encabezados por la ruta que los lleva, separando variables explicativas por puntos. Por ejemplo. Mes1.j11.h3.
- e) Ejecutar las planillas de GAMS con los datos introducidos
- f) El output del programa debe ser llevado al editor de texto, reemplazar todos los espacios por “*tabs*”, luego debe ser introducido a Excel y se leen los resultados con tablas dinámicas.

¹⁸ La licencia base del programa GAMS tiene un costo de US\$3200.

11.2. Recomendaciones para continuar con el tema de estudio

- Realizar un estudio más detallado sobre los tiempos de atención en la venta. Si bien el estudio utilizado tenía un tamaño considerable de muestras (al ser ejecutado por muchos colaboradores), lo ideal sería tener muestras que hagan un seguimiento del trabajador en todo el mes, o al menos unas 2 semanas. La razón de requerir mayor precisión en este parámetro se debe a que los resultados dependen directamente de este factor, aumentando o disminuyendo la cantidad de FTE requerido según lo visto en el análisis de sensibilidad.
- Incluir el efecto que produce un trabajador en la venta, es decir, establecer cuánto más se ganara (o se dejará de ganar) si se aumenta (o disminuye) una unidad de FTE en un departamento dado. Esto bajo la intuición de que tener más trabajadores significaría tener más venta.
- Introducir las variables contratos y despidos, penalizando mayormente la desvinculación de personal full-time, simulando el problema del personal en tienda de no poder ajustarse al programa por un exceso de personal full-time. El problema que podría presentar esta variable es que se debe correr el modelo para al menos sets de 3 meses, teniendo restricciones que unen los meses, aumentando considerablemente el tiempo de ejecución si se tratase de un modelo como el de *Scheduling*.
- Diseñar un prototipo funcional que realice automáticamente el proceso de utilización señalado previamente. Además, se puede hacer que el prototipo vaya reajustando mes a mes el *forecast* de forma automática, lo que en conjunto con un buen despliegue funcional de la información se puede transformar en una herramienta sumamente útil y de fácil uso.

12. Fuentes de información

12.1. Referencias

- [1] UWE AICKELIN, EDMUND K. BURKE, and JINGPENG LIS. BECHTOLD, "An Evolutionary Squeaky Wheel Optimization Approach to Personnel Scheduling," *Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 13, no. 2, pp. 433–442, 2009.
- [2] L.V. KANTOROVICH, *A mathematical technique known as linear programming.*, 1939.
- [3] GEORGE B. DANTZIG, "A Comment on Edie's "Traffic Delays at Toll Booths"," *Journal of the Operations Research Society of America*, vol. 2, no. 3, pp. 339-341, 1954.
- [4] A.T. ERNST, H. JIANG, M. KRISHNAMOORTHY, B. OWENS, and D. SIER, "An Annotated Bibliography of Personnel Scheduling," *Annals of Operations Research*, no. 127, pp. 21-144, 2004b.
- [5] A.T. ERNST, H. JIANG, M. KRISHNAMOORTHY, and D. SIER, "Staff Scheduling and rostering - A review of applications methods and models," *European Journal of Operational Research*, no. 153, pp. 3–27, 2004a.
- [6] THOMAS K. GREGSON, "Personnel Scheduling for a Global tour company.," University of Melbourne, Thesis in operation research 2006.
- [7] MICHAEL J. BRUSCO, LARRY W. JACOBS, ROBERT J. BONGIORNO, DUANE V. LYONS, and BOAXING TANG, "Improving Personnel Scheduling at Airline Stations. ," *Operations Research*, vol. 43, no. 5, pp. 741–751, 1995.
- [8] E.J.W. ABBINK et al., "Solving Large Scale Crew Scheduling Problems in Practice," *Econometric Institute Report*, no. 63, 2010.
- [9] GÁBOR DANÓ, "Workforce Scheduling with logical constraints - theory an applications in call centers," Department of Mathematics, Vrije Universiteit, Amsterdam, Tesis 2004.
- [10] KHALIL A. CASSIS, "Modelo de programación matemática para la planificación de recursos humanos destinados a la venta de cupos de transporte en Metro S.A.," Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Memoria de Ingeniero Civil Industrial 2007.
- [11] SALEM M. AL-YAKOOB and HANIF D. SHERALI, "Mixed-integer programming models for an employee," *Springer Science and Business Media*, vol. 155, pp. 119-142, 2007.
- [12] ROBERTO D. GAMARRA, "Formulación de un modelo de programación matemática para la asignación de horarios escolares," Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas., Tesis de magister en gestión de operaciones 2010.
- [13] K. Haase, "Advanced column generation techniques with applications to marketing, retail and logistics management.," University of Kiel, Tesis doctoral 1999.

- [14] R. Howick and M. Pidd, "Sales force deployment models," *European Journal of Operational Research*, vol. 48, no. 3, pp. 295-310, 1990.
- [15] IVO BLOCHLIGER, "Modeling Staff Scheduling Problems; A tutorial," *European Journal of Operational Research*, no. 158, pp. 533-542, 2004.
- [16] M. KHASHAYARDOUST, "An application of a genetic algorithm to retail staff Scheduling," Ryerson University, Tesis 2006.
- [17] SALEM M. AL-YAKOOB and HANIF D. SHERALI, "Mixed-integer programming models for an employee," *Springer Science and Business Media*, no. 155, pp. 119-142, 2007.
- [18] AMAR ZACARÍAS, "Optimización y planificación de turnos de la fuerza de venta en la polar," Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Memoria de Ingeniero civil Industrial 2007.
- [19] KABAK OZGUR, ULENGIN FUSUN, AKTAS EMEL, ONSEL SULE, and TOPCU ILKER, "Efficient shift Scheduling in the retail sector through two-stage optimization," *European Journal of Operational Research*, no. 184, pp. 76–90, 2008.
- [20] NETESSINE SERGUEI and MARSHALL L. FISHER, "Labor Planning, Execution, and Retail Store Performance: an Exploratory Investigation," The Wharton School, University of Pennsylvania, Documento de investigación del: Operations and Information Management Department 2009.
- [21] MARÍA JOSÉ REYES ASPÉ, "Modelo de optimización de personal para una tienda por departamento," Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas., Memoria de Ingeniero Civil Industrial , 2009.

12.2. Apoyos institucionales

1. RENÉ A. CALDENTEY, SUSANA V. MONDSCHHEIN, "Apunte de clases para el curso Investigación Operativa IN44A, Departamento de Ingeniería Industrial – Universidad de Chile, 1999.
2. Cátedras del curso: Gestión de Operaciones, IN4703, Departamento de Ingeniería Industrial Universidad de Chile, 2010.
3. VARAS, S., ORTIZ, C., VERA, K. (2000). "Optimización y modelos para la gestión". Dolmes Ediciones.

“*Quien lo hizo,
Y por qué lo hizo*”
Delfín.

13. Anexos

Anexo A: Restricciones Gubernamentales.

A continuación se nombran de forma escueta las diferentes leyes a las que se rigen los trabajadores de empresas del sector en cuestión. Éstas no son iguales para las distintas jornadas laborales desde el punto de vista legal. Los distintos tipos de jornada contingentes a la realidad de la empresa son representados en tres:

- Jornada a tiempo completo o *full-time*: Representa a una jornada de trabajo tradicional a tiempo completo. Esta corresponde a las jornadas con contrato de más de 30 horas ordinarias semanales.
- Jornada a tiempo parcial o *part-time*: Corresponde a las jornadas a medio tiempo. Estas tienen contrato por entre 20 y 30 horas ordinarias semanales.
- Jornada de menos de 20 horas semanales.

1. Restricciones para todas las jornadas:

- Art 22: (Máximo 45h): Jornada ordinaria no puede exceder las 45 horas semanales.
- Art 24: (Navidad y año nuevo):
 - Se podrá extender la jornada hasta 2 horas diarias durante 9 días anteriores a la navidad, distribuidos en los 15 días previos a la navidad. Horas pagadas como extraordinarias.
 - No se trabajará más allá de las 23 horas en los 9 días señalados.
 - No se trabajará más allá de las 20 horas en los días 24 y 31 de diciembre.
- Art 28: (Máximo de horas al día de jornada ordinaria): 10 horas
- Art 31: (Máximo de horas extras al día): 2 horas
- Art 2 leyes N°19.973 y N°20.215: (Feriados Irrenunciables): Los días 1 de mayo, 18 de septiembre, 25 de diciembre y 1 de enero serán feriados obligatorios para todos los dependientes del comercio. Se está tramitando el declarar irrenunciable al día 19 de septiembre.
- Art 38: (2 domingos)¹⁹: Se deberá asignar al menos 2 domingos a los descansos del mes.

¹⁹ Las jornadas de menos de 20 horas semanales y exclusivas a fin de semana no se acogen a este artículo.

2. Restricciones para jornada completa:

- Art 28: (Días trabajador por semana): Se trabajará mínimo 5 días y máximo 6.
- Art 34: (Descanso diario): De mínimo 0.5h y no se considera como parte de la jornada.
- Art 36: (Respetar feriados): No se trabajará más allá de las 21:00 horas en el día previo al domingo o festivo, ni antes de las 06:00 del día posterior.

3. Restricciones jornada parcial:

- Art 40 bis: (Tipo de contrato): No superior a 2/3 de jornada ordinaria (2/3 de 45h = 30h)
- Art 40 bis A:
 - (Al menos equivalente al sueldo mínimo): Se pagará por hora al menos el equivalente a un sueldo mínimo (\$943,7 normal y 1415,5 extra)
 - (jornada continua): La jornada diaria sólo será interrumpida por la colación (la cual durará entre 0.5 y 1 hora)

Anexo B: Todos los departamentos de la tienda.

<p>Tda-Zapatillas Tda-Sport Hombres Tda-Rincon Juvenil Hombres Tda-Deportes Tda-Confeccion Hombres Tda-Camiseria/Ropa Interior Tda-Calzado Hombres Tda-Bicicletas/Camping/Art.Nauticos</p> <p>Hombres</p>	<p>Tda-Calzado Damas Tda-Sport Damas Tda-Rincon Juvenil Damas Tda-Corseteria Y Lenceria Tda-Confeccion Damas Tda-Carteras Y Accesorios Tda-Perfumeria</p> <p>Damas</p>
<p>Tda-Calzado Infantil Tda-Niños (2-6) Tda-Niñas (2-6) Tda-Colegial Tda-Bebes/Rodados/Ropa Interior Tda-Jugueteria</p> <p>Infantil</p>	<p>Tda-Linea Blanca Tda-Electrodomesticos Tda-Computacion Tda-Fotografia Tda-Cuidado Personal Tda-Audio/Video Tda-Video Juegos/Consolas Tda-Celulares</p> <p>Electro</p>
<p>Tda-Textil Tda-Alfombras/Lamparas/Maletas Tda-Cortinas Tda-Muebles Tda-Colchones Tda-Regalos Tda-Gourmet Tda-Menaje</p> <p>Deco</p>	

Figura B.1: Descripción de todos los departamentos

Anexo C: Calendario de días especiales.

2011

Enero: 1 Año nuevo	Febrero	Marzo	Abril 22 Viernes santo 23 Sábado santo
Mayo 1 Día del trabajador 8 Día de la madre 21 Glorias navales	Junio 19 Día del padre 27 San Pedro y San Pablo	Julio 16 Virgen del Carmen	Agosto 7 Día del niño 15 Asunción de la virgen
Septiembre 18 y 19 independencia nacional	Octubre 10 Encuentro de 2 mundos 31 Iglesias Evangélicas	Noviembre 1 Todos los santos	Diciembre 8 Inmaculada concepción 25 Navidad

Figura C.1: Calendario de días especiales 2011.

2012

Enero: 1 Año nuevo	Febrero	Marzo	Abril 6 Viernes santo 7 Sábado santo
Mayo 1 Día del trabajador 13 Día de la madre 21 Glorias navales	Junio 17 Día del padre	Julio 2 San Pedro y San Pablo 16 Virgen del Carmen	Agosto 5 Día del niño 15 Asunción de la virgen
Septiembre 17, 18 y 19 independencia nacional	Octubre 15 Encuentro de 2 mundos	Noviembre 1 Todos los santos 2 Iglesias Evangélicas	Diciembre 8 Inmaculada concepción 25 Navidad

Figura C.2: Calendario de días especiales 2012.

Anexo D: Distribuciones de semanales especiales.

1. Con 1 feriado irrenunciable:

Lunes		12,36%	12,57%	12,58%	12,97%	13,90%	13,23%
Martes	12,39%		12,59%	12,61%	13,00%	13,93%	13,26%
Miércoles	14,01%	14,01%		14,26%	14,70%	15,75%	15,00%
Jueves	14,13%	14,13%	14,36%		14,83%	15,88%	15,13%
Viernes	17,09%	17,10%	17,38%	17,40%		19,22%	18,30%
Sábado	23,42%	23,42%	23,81%	23,84%	24,58%		25,07%
Domingo	18,97%	18,97%	19,29%	19,31%	19,91%	21,33%	

Figura D.1: Distribución de los días de la semana teniendo un día feriado irrenunciable.

2. Con 2 feriados irrenunciables (único caso real ocurrido):

Lunes	14,38%
Martes	
Miércoles	
Jueves	16,43%
Viernes	19,89%
Sábado	27,24%
Domingo	22,07%

Figura D.2: Distribución de los días de la semana teniendo dos días feriados irrenunciables.

3. En el mes de Febrero (promedios en los 3 años):

Día	Media	Desv.Est
Lunes	13,7%	1,5%
Martes	13,5%	0,9%
Miércoles	14,4%	1,4%
Jueves	13,4%	0,8%
Viernes	14,3%	1,2%
Sábado	16,3%	1,3%
Domingo	14,4%	1,6%

Figura D.3: Distribución de los días de la semana, en las semanas del mes de Febrero.

Anexo E: Procedimiento para suavizar la distribución transaccional semanal.

Se realiza una suavización en la distribución de las transacciones semanales de forma de evitar saltos bruscos entre la última semana del mes m y la primera del mes $m+1$, de forma de simular mejormente la realidad. Para entender mejor el problema, en la figura E.1 se muestra una distribución sin suavizar.

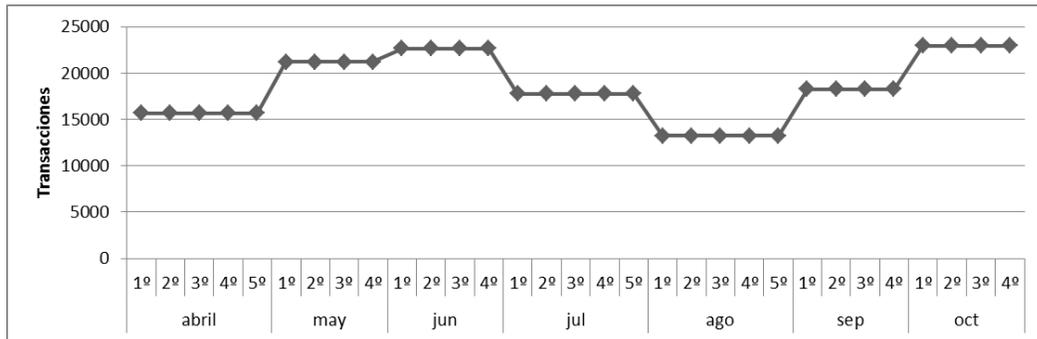


Figura E.1: Ejemplo de distribución semanal constante en el mes.

El método utilizado es el siguiente: Las semanas próximas entre meses (últimas y primeras) aumentarán o disminuirán su valor (dependiendo de cuál es menor) en exactamente un cuarto de la magnitud que las separa. Matemáticamente se puede entender mejor en la siguiente fórmula:

Dadas dos semanas a y b próximas.

$$sem_{\bar{a}} = sem_a - \frac{(sem_a - sem_b)}{4}$$

Al aplicar esta fórmula, la figura anterior queda como la siguiente figura E.2.

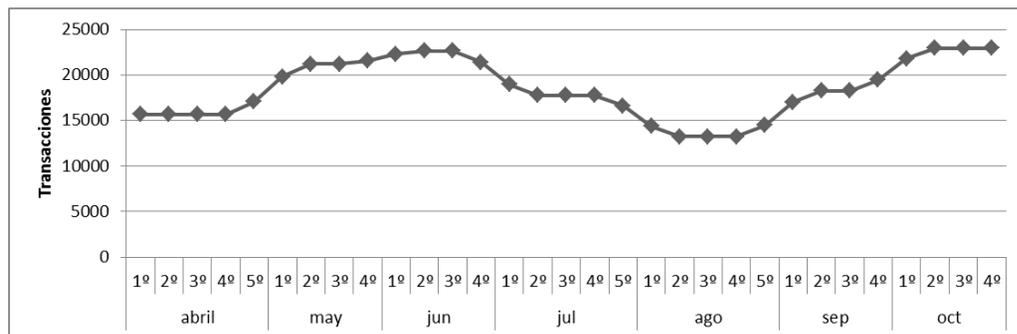


Figura E.2: Ejemplo de distribución semanal suavizada.

Anexo F: Proceso de construcción del tiempo esperado.

1) Sport Hombres

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	55	60	7	52
Ocurrencia relativa	0,92	1,00	0,12	0,87
Promedio	0,67	1,87	7,73	2,97
Desv. Est.	0,81	0,88	6,12	2,52
Tiempo esperado	5,95			

2) Rincón juvenil Hombres

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	68	68	7	56
Ocurrencia relativa	1,00	1,00	0,10	0,82
Promedio	0,80	2,00	7,73	2,96
Desv. Est.	0,92	0,97	6,61	2,57
Tiempo esperado	6,04			

3) Sport Damas

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	83	67	12	41
Ocurrencia relativa	1,24	1,00	0,18	0,61
Promedio	2,08	1,87	3,62	3,15
Desv. Est.	3,12	1,48	2,84	4,15
Tiempo esperado	7,02			

4) Rincón Juvenil damas

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	172	96	22	65
Ocurrencia relativa	1,79	1,00	0,23	0,68
Promedio	0,62	2,26	4,95	2,07
Desv. Est.	1,16	1,58	2,90	2,26
Tiempo esperado	5,89			

5) Niños 2-6

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	94	78	6	62
Ocurrencia relativa	1,21	1,00	0,08	0,79
Promedio	1,35	2,29	5,70	2,71
Desv. Est.	2,18	1,27	2,91	2,90
Tiempo esperado	6,52			

6) Bebes/Rodados/Ropa interior

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	41	47	5	15
Ocurrencia relativa	0,87	1,00	0,11	0,32
Promedio	2,84	2,41	3,26	1,91
Desv. Est.	3,17	1,39	1,92	1,79
Tiempo esperado	5,85			

7) Computación

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	102	60	4	19
Ocurrencia relativa	1,70	1,00	0,07	0,32
Promedio	3,16	6,37	12,83	4,65
Desv. Est.	3,14	3,62	7,34	3,50
Tiempo esperado	14,08			

8) Textil

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	102	62	1	35
Ocurrencia relativa	1,65	1,00	0,02	0,56
Promedio	2,22	3,60	0,65	3,00
Desv. Est.	2,45	3,66	0,00	3,31
Tiempo esperado	8,95			

9) Muebles

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	132	15	0	38
Ocurrencia relativa	8,8	1	0	2,53
Promedio	2,48	2,84	0,00	4,40
Desv. Est.	3,19	1,80	0,00	9,57
Tiempo esperado	35,79			

10) Confección damas

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	81	63	8	42
Ocurrencia relativa	1,29	1,00	0,13	0,67
Promedio	2,14	2,17	3,14	2,63
Desv. Est.	3,29	1,34	1,14	2,56
Tiempo esperado	7,08			

11) Audio/Video

	Pre-venta	Venta	Cambio	Extras
Casos	122	64	5	42
Ocurrencia relativa	1,91	1,00	0,08	0,66
Promedio	3,06	4,61	6,68	6,09
Desv. Est.	3,82	2,73	3,76	6,56
Tiempo esperado	14,97			

Anexo G: Explicación de fórmulas.

1. Desarrollo de restricción 1:

$$\sum_{d=1}^{NDT_m} X_{i,j,d,m} \leq NDP_{i,m} * Y_{i,j,m}$$

Horas Hombre disponibles en el mes $m = NDP_{i,m} * Y_{i,j,m} * H_{j_i} / (5 \text{ o } 2)$ debe ser mayor o igual a $\sum_{t=1}^{31} H.H. disp_t$

$$\text{Con: } H.H. disp_t = \begin{cases} \frac{H_{j_i}}{2} * X_{18,j,d,m} \\ \frac{H_{j_i}}{5} * X_{25,j,d,m} \\ \frac{H_{j_i}}{5} * X_{40,j,d,m} \end{cases}$$

Luego, la formula señalada surge de una simple simplificación de factores.

2) Desarrollo de restricción 4:

$$\left(\left(X_{18,j,d,m} * \frac{H_{j_1}}{4} \right) + \left(X_{25,j,h,d,m} * \frac{H_{j_2}}{5} \right) + \left(X_{40,j,d,m} * \frac{H_{j_3}}{10} \right) \right) \frac{60}{Ta_j} \geq D_{j,d,m,h}$$

El lado izquierdo de la desigualdad muestra la cantidad de transacciones que pueden generar los trabajadores en un departamento j e intervalo h dado.

El número de transacciones por hora de un trabajador de cargo c es $\frac{60}{Ta_{cj}}$.

La cantidad de horas trabajadas diarias de un trabajador es = $\begin{cases} H_{j_i}/2 & \text{para } i = \{1, 2\} \\ H_{j_i}/5 & \text{para } i \neq \{1, 2\} \end{cases}$

Luego, la cantidad de horas en cada intervalo $h \in \{1 = \text{mañana}, 2 = \text{tarde}\}$ es la mitad de la variable anterior para $i = \{1 \text{ y } 3\}$.

Finalmente se multiplican los rendimientos por el número de trabajadores presentes en ese h .

Este nivel transaccional que soportan los niveles asignados debe ser al menos igual a la demanda de ese módulo.

Anexo H: Turnos utilizados.

1) Turnos de 18:

	t1	t2
h0	0	0
h1	1	0
h2	1	1
h3	1	1
h4	1	1
h5	1	1
h6	1	1
h7	1	1
h8	0,5	1
h9	0,5	0,5
h10	0,5	0,5
h11	0,5	0,5
h12	1	0,5
h13	1	1
h14	1	1
h15	1	1
h16	1	1
h17	1	1
h18	1	1
h19	1	1
h20	1	1
h21	0	1

Figura H.1: Turnos de la jornada de 18 horas.

2) Turnos de 25:

	t1	t2	t11	t12
h0	1	0	0	0
h1	1	1	0	0
h2	1	1	0	0
h3	1	1	0	0
h4	1	1	0	0
h5	0,5	1	0	0
h6	0,5	0,5	0	0
h7	1	0,5	0	0
h8	1	1	0	0
h9	1	1	0	0
h10	1	1	1	0
h11	0	1	1	1
h12	0	0	1	1
h13	0	0	1	1
h14	0	0	0,5	1
h15	0	0	0,5	0,5
h16	0	0	1	0,5
h17	0	0	1	1
h18	0	0	1	1
h19	0	0	1	1
h20	0	0	1	1
h21	0	0	0	1

Figura H.2: Turnos de la jornada de 25 horas.

3) Turnos de 40:

	t1	t3	t5
h0	1	0	0
h1	1	0	0
h2	1	1	0
h3	1	1	0
h4	1	1	1
h5	1	1	1
h6	1	1	1
h7	0,5	1	1
h8	0,5	1	1
h9	0,5	0,5	1
h10	0,5	0,5	1
h11	1	0,5	0,5
h12	1	0,5	0,5
h13	1	1	0,5
h14	1	1	0,5
h15	1	1	1
h16	1	1	1
h17	1	1	1
h18	0	1	1
h19	0	1	1
h20	0	0	1
h21	0	0	1

Figura H.3: Turnos de la jornada de 40 horas.

Anexo I: Transacciones, H.H. y tiempos de atención.

	Transacciones y H.H contratadas en vendedores y reponedores									Tiempo dedicado por transacción (min)					
	julio			agosto			septiembre			Julio		Agosto		Septiembre	
Dpto.	Trans.	HH. V	HH V.+R.	Trans.	HH. V	HH V.+R.	Trans.	HH. V	HH V.+R.	V+R.	V+R	Ven.	V+R	Ven.	V+R
1	8341	3232	4652	6304	3232	4760	4458	3232	4420	23	33	31	45	43	59
2	6451	1856	2976	4457	1856	2976	5306	1984	3104	17	28	25	40	22	35
3	11890	3104	3768	10194	3104	3588	11289	3204	3688	16	19	18	21	17	20
4	12209	2536	4316	9388	2856	4276	9679	2876	4236	12	21	18	27	18	26
5	2542	1664	2240	1888	1024	1680	2043	720	1060	39	53	33	53	21	31
6	5466	1220	1292	4911	1220	1652	4371	1872	2384	13	14	15	20	26	33
7	2336	1936	1936	1921	1936	1936	1588	1956	1956	50	50	60	60	74	74
8	4433	2776	3856	3715	2776	3856	3027	2196	3096	38	52	45	62	44	61
9	507	2384	2384	527	2384	2384	436	2544	2544	282	282	271	271	350	350
10	7083	4060	5500	4693	4060	5760	4499	4080	5600	34	47	52	74	54	75
11	2602	1284	1284	2390	1284	1284	2149	1384	1384	30	30	32	32	39	39
Tot.	63860	26052	34204	50388	25732	34152	48845	26048	33472	24	32	31	41	32	41

Tabla I.1: Transacciones, HH, y tiempo dedicado por transacción.

Anexo J: Nivel de servicio en el día.

1) Julio de 2012:

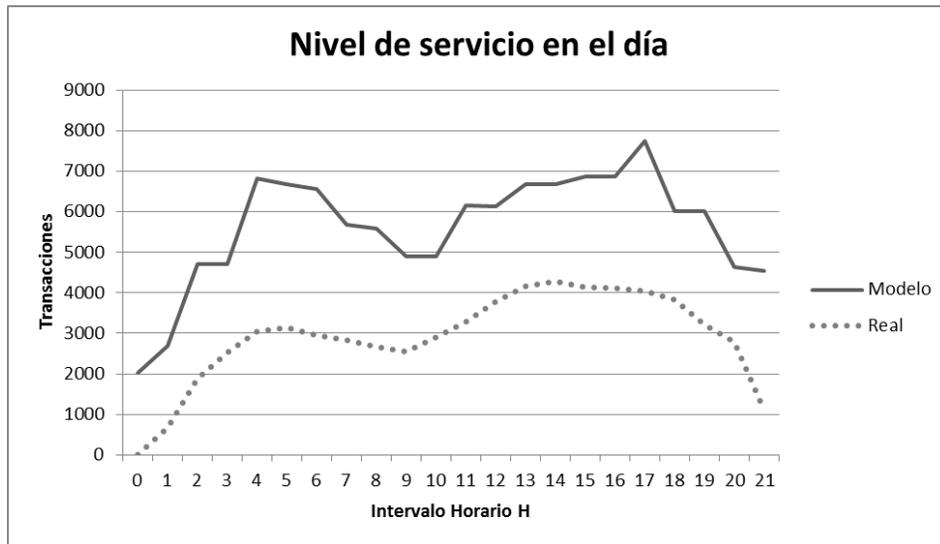


Tabla J.1: Nivel de servicio en el día del modelo versus demanda real de Julio.

2) Septiembre de 2012:

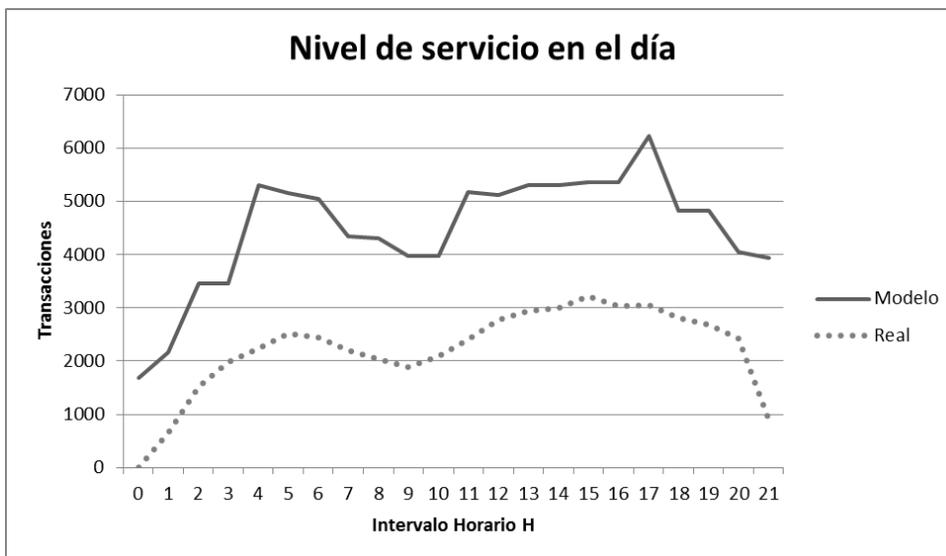


Tabla J.2: Nivel de servicio en el día del modelo versus demanda real en Septiembre.

Anexo K: Nivel de servicio en el mes.

1) Julio:

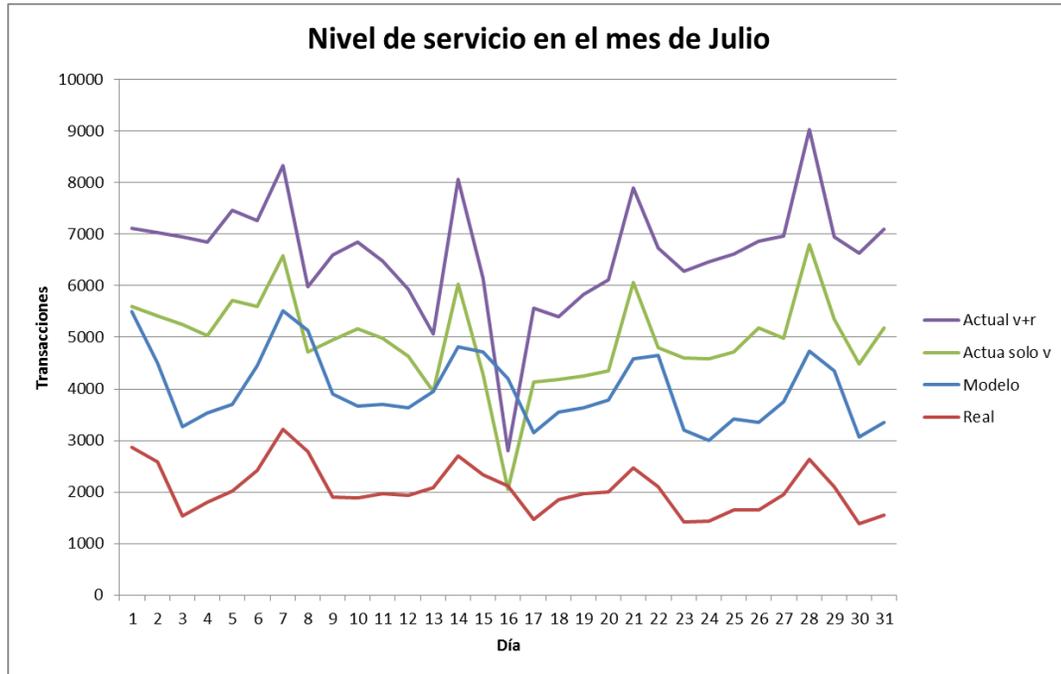


Tabla K.1: Nivel de servicio del modelo versus situación actual en Julio de 2012.

2) Agosto

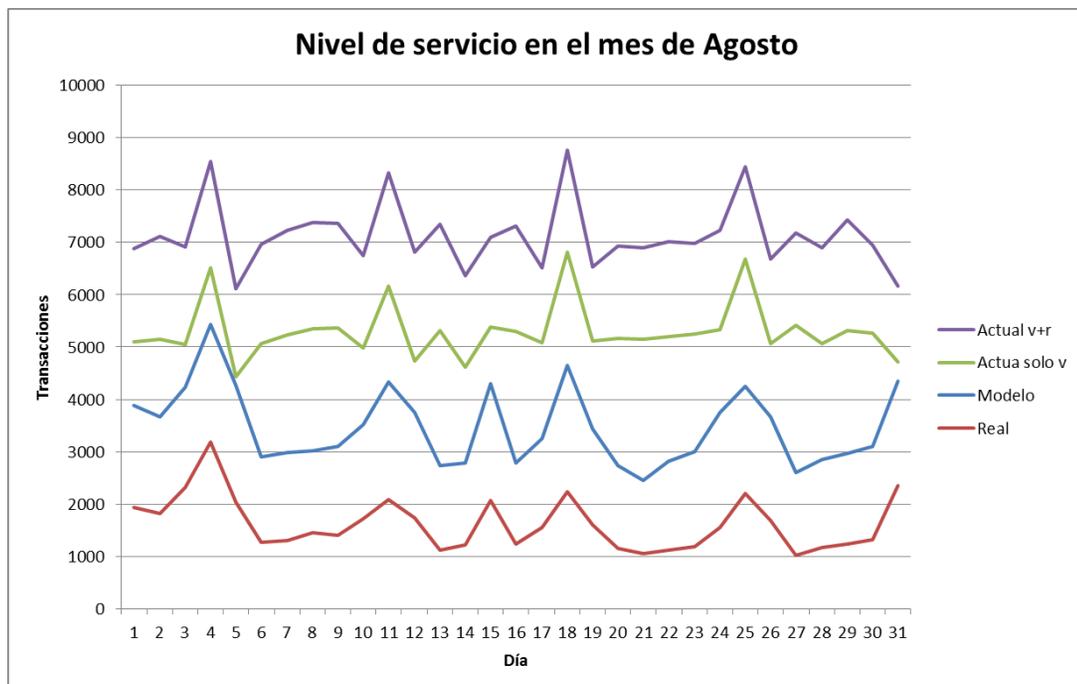


Tabla K.2: Nivel de servicio del modelo versus situación actual en Agosto de 2012.

Anexo L: Resultados del *forecast* en los otros dos meses.

1) Agosto:

1.1) Resultados obtenidos:

	Dot. 18	Dot. 25	Dot. 40	FTE	Sueldo Base	Dif. % FTE	Dif. Sueldo	Servicio	Media no serv.
Dda. real	24	41	59	95,4	18.345.213	20,0%	3.151.515	1	0
Forecast	20	36	48	79,5	15.193.698				

Tabla L.1: Resultados del *forecast* de Agosto.

1.2) Nivel de servicio:

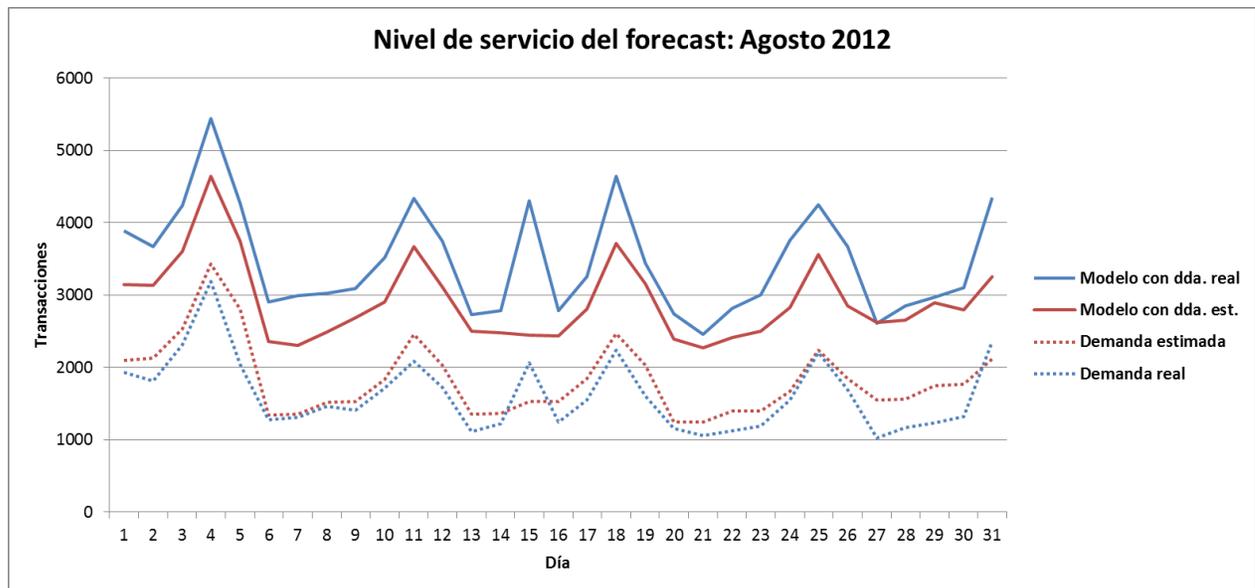


Figura L.1: Nivel de servicio durante el día para el mes de Agosto.

2) Septiembre:

2.1) Resultados obtenidos:

	Dot. 18	Dot. 25	Dot. 40	FTE	Sueldo Base	Dif. % FTE	Dif. Sueldo	Servicio	Media no serv.
Dda. real	18	38	59	90,9	17.363.740	-6,2%	-1.140.675	1	0
Forecast	22	56	52	96,9	18.504.415			0,966393491	21,5%

Tabla L.2: Resultados del forecast de Septiembre.

2.2) Nivel de servicio:

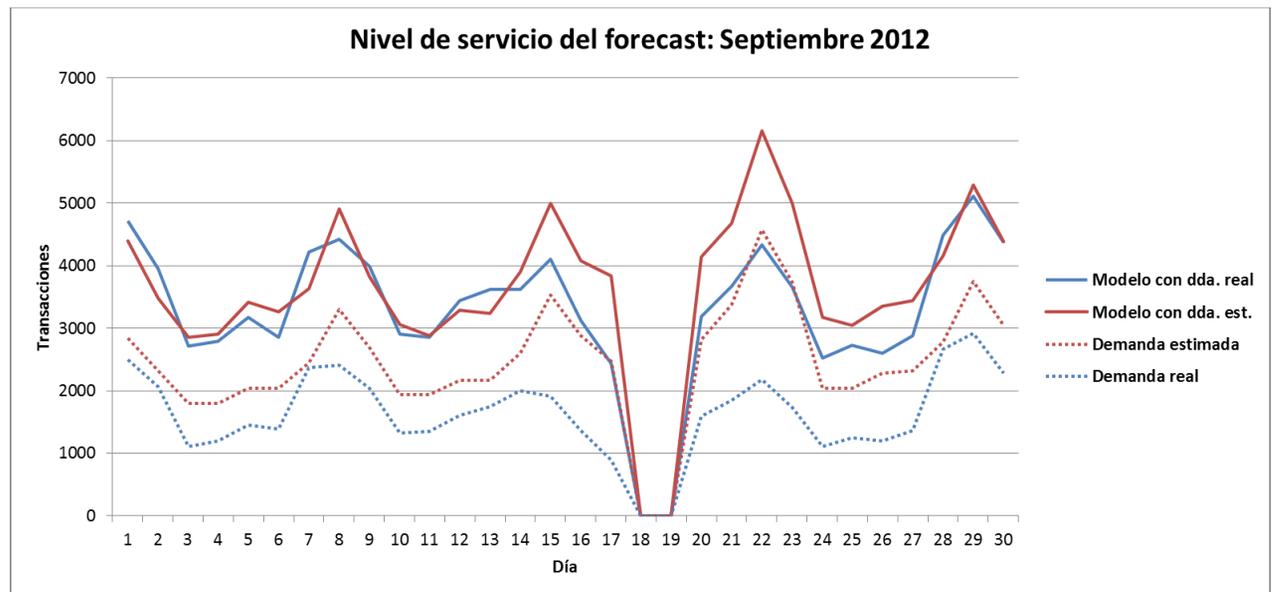


Figura L.2: Nivel de servicio durante el día para el mes de Septiembre

Anexo M: Resultados *Planning* en las tiendas restantes.

1) Tienda Santiago 3:

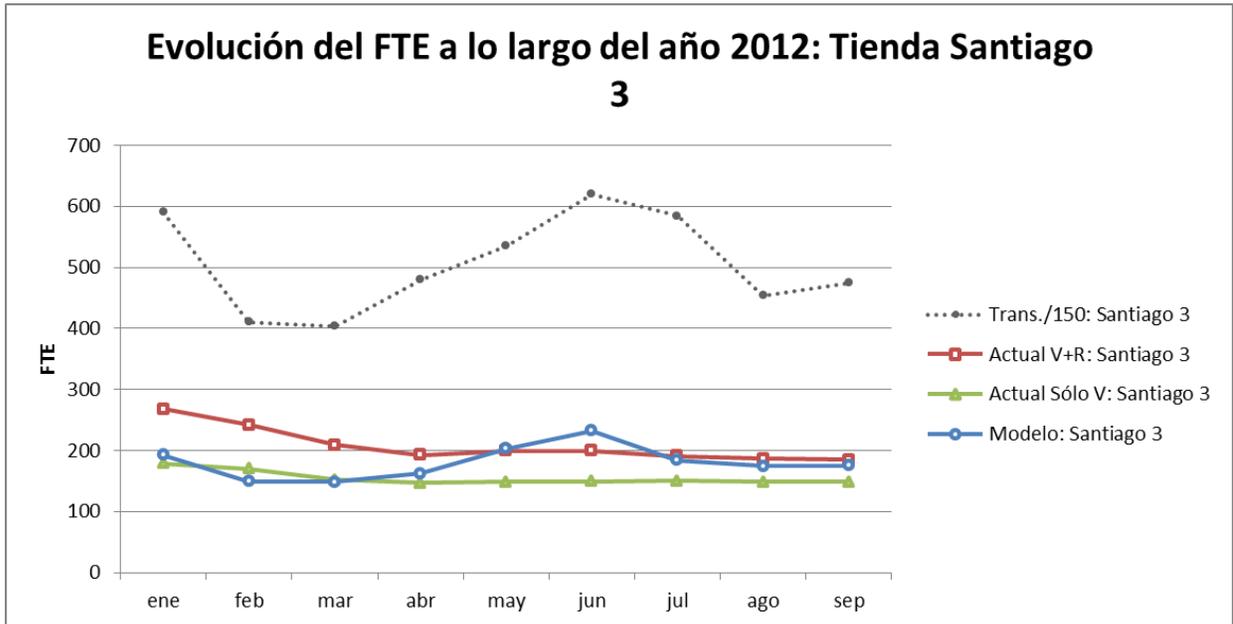


Figura M.1: Resultados FTE en Tienda Santiago 3

2) Tienda Santiago 2:

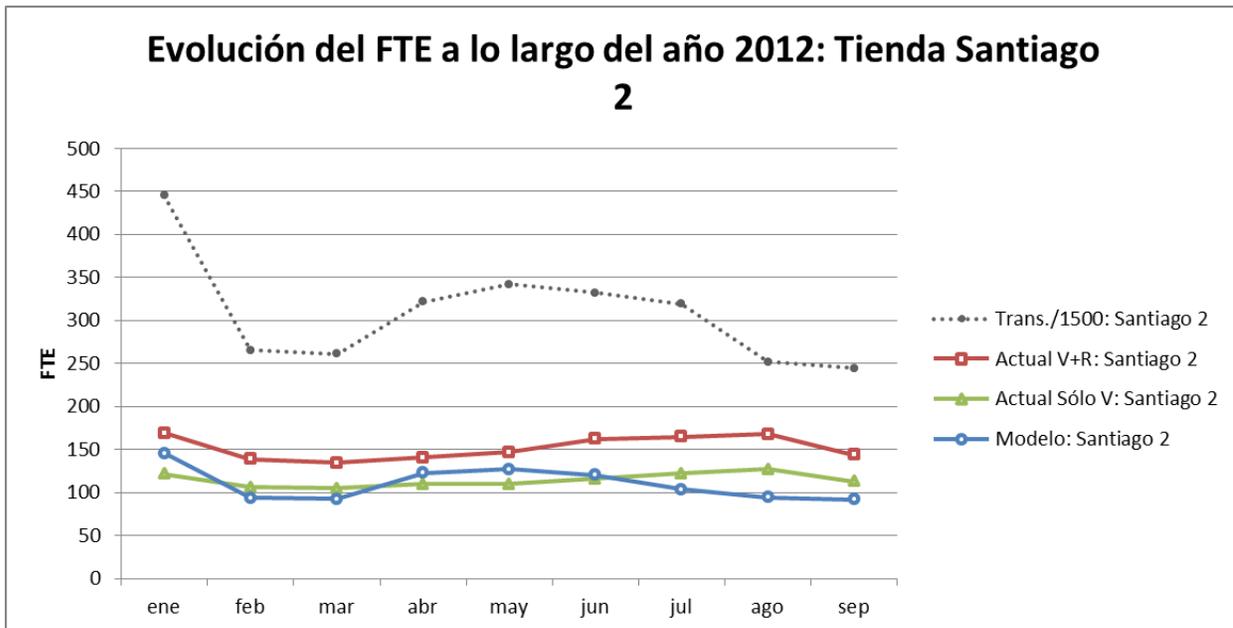


Figura M.2: Resultados FTE en Tienda Santiago 2.

3) Tienda Norte 2:

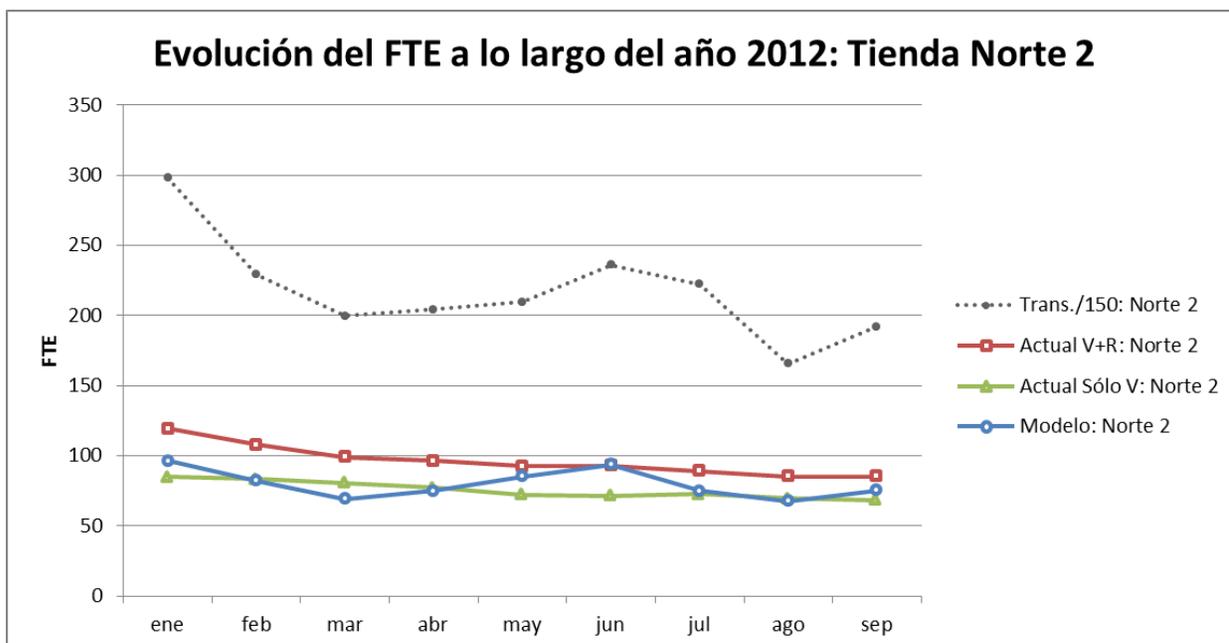


Figura M.3: Resultados FTE en Tienda Norte 2.

4) Tienda sur 1:

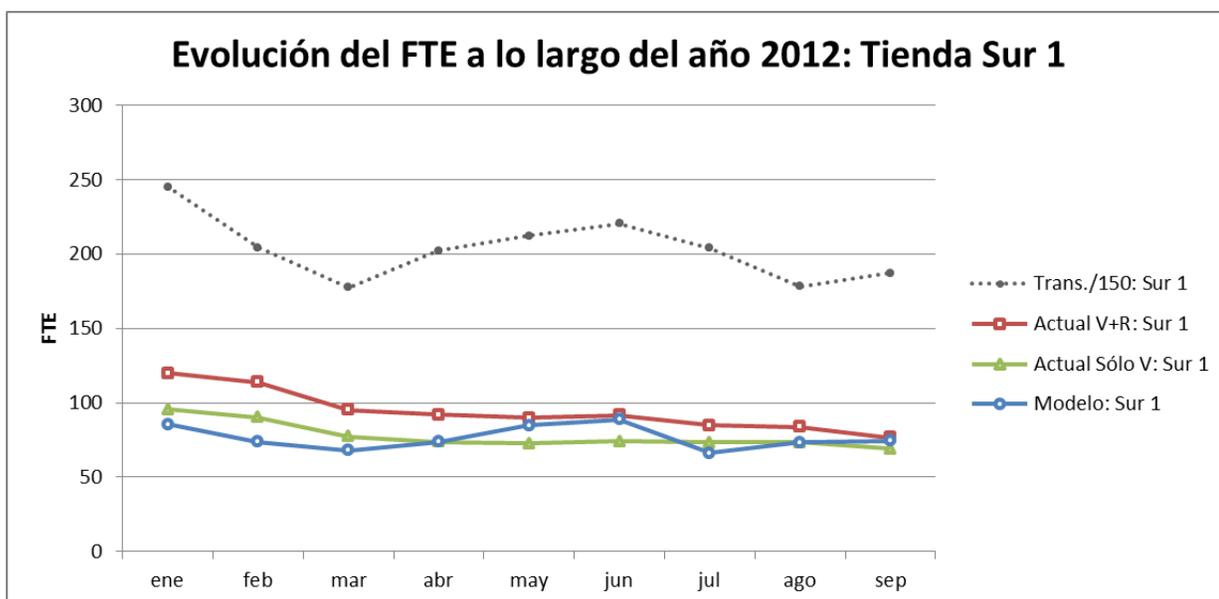


Figura M.4: Resultados FTE en Tienda Sur 1.