



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

**ASIGNACIÓN Y CALENDARIZACIÓN DE LA FUERZA DE VENTA PARA UN
RETAILER ESPECIALISTA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CAROLINA MATAMALA URETA

PROFESOR GUÍA:
RICARDO MONTOYA MOREIRA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
CRISTIAN MATURANA ELGUETA
ALEJANDRA PUENTE CHANDÍA

SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2012

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: CAROLINA MATAMALA URETA
FECHA: 25/04/2012
PROF. GUIA: SR. RICARDO MONTOYA

ASIGNACIÓN Y CALENDARIZACIÓN DE LA FUERZA DE VENTA PARA UN RETAILER ESPECIALISTA

La competencia entre las empresas pertenecientes al retail ha ido aumentando con los años, exigiendo entregar mejores servicios y productos a sus clientes. Un factor clave para lograr rentabilidad dentro de esta industria es el buen manejo de la fuerza de venta, ya que permite distribuir eficientemente los recursos monetarios de la empresa y además lograr una buena atención a los consumidores, más aún cuando la estrategia consiste en entregar una atención personalizada a cada uno de sus clientes, acompañándolos durante todo su proceso de compra, como ocurre con la empresa en estudio. El mal manejo de los recursos humanos puede desencadenar un desajuste en la atención de la demanda lo que se traduce en gastos por horas ociosas y pérdida de ganancias por demanda insatisfecha.

El objetivo principal de la memoria es desarrollar una metodología de apoyo para la asignación y calendarización de la fuerza de venta de un retailer especialista, para lo anterior se contrastan las metodologías de predicción de demanda, regresión lineal, ARMA y ARMAX, y se calcula la carga de trabajo necesaria por hora en cada local. Lo anterior se utiliza como un input para el modelo de programación lineal entera que finalmente arroja los resultados de la asignación y procura minimizar los costos de contratación, despidos, salarios y horas ociosas. Adicionalmente se incorpora una nueva consideración en la programación de empleos (*Scheduling employee*), las preferencias de las vendedoras part time en relación al lugar de trabajo para cada día.

En la estimación de demanda se logran obtener errores MAPE menores al 6,9% para 11 de las 12 tiendas en estudio utilizando como método econométrico la regresión lineal. Por su parte la programación al ser comparada con la operación efectuada por la empresa para los meses de febrero a abril, se obtienen ahorros en costos totales de un 16%, 51% y 61% en los locales Oeste, Matte y Moneda respectivamente.

Se realizan estudios de sensibilidad que permiten llegar a importantes conclusiones, proteger el pronóstico de demanda con un aumento de un 10% en los valores obtenidos permite resguardar a la empresa de tener un mayor nivel de demanda insatisfecha. Por otra parte, para la programación resulta óptimo utilizar un horizonte de resolución mayor a 4 meses, con lo que se logran mejores resultados que con el modelo mensual, esto se explica en que este último no logra despedir personal por el costo que involucra y acumula una mayor cantidad de horas ociosas.

Existen prácticas que logran mejorar la eficiencia del funcionamiento de una empresa, además de la inclusión de nuevos contratos y de la preferencia de los vendedores se puede trabajar con prácticas como la rotación de empleados frente a labores monótonas, lo que se presenta en el capítulo trabajos futuros.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo a mi familia que me entregó su apoyo de manera incondicional durante este proceso, ya que no solo me entendieron sino que me acompañaron en este camino confiando en mis capacidades para llegar a ser una profesional. Me felicitaron en mis triunfos y me apoyaron en los momentos difíciles, cada uno de ustedes fue un pilar fundamental en cada etapa importante de mi vida.

Mis abuelos dándome ánimo y sintiéndose siempre orgullosos de mis logros, me siento infinitamente feliz de tenerlos conmigo y de aprovecharlos cada minuto, no tengo palabras para agradecerles su incondicionalidad. A mis tíos que se preocuparon todo el tiempo de mi tranquilidad, escuchándome siempre y entendiéndome, en especial a mi madrina que siempre me ha aconsejado y apoyado en mis decisiones, dándome un abrazo en los momentos que lo necesitaba.

A mis padres que estuvieron todo el tiempo a mi lado, dándome consejos y apoyo para seguir adelante. Fue un periodo en que pasamos por altos y bajos, en que debieron soportar mis cambiantes estados de ánimo. Nunca terminaré de agradecer el esfuerzo que cada día realizaron para poder darme los medios que me han permitido crecer, con cada uno de los valores que me inculcaron, como luchar para lograr mis sueños. A mi hermano que con su simpleza y felicidad para ver la vida me enseña cada día a mirarla con otros ojos, a disfrutar los momentos y a sobreponerse a los problemas

A mi pololo que ha sido un gran compañero, comenzamos esta época de mi vida juntos y crecí con tu compañía. Me apoyaste en los momentos en que más te necesité y me entregaste la calma necesaria para seguir afrontando retos, tu sabiduría y esfuerzo han sido siempre un ejemplo para mí. Me siento feliz de nuestros logros, de vernos cumplir etapas importantes y de haberte conocido, estamos recién comenzando nuestro futuro juntos. Gracias a ti y tu familia por acogerme y entregarme comprensión sin pedir nada a cambio, me siento feliz de que sean parte de mi familia.

Agradezco a mis amigas que han estado conmigo desde siempre, vivimos momentos de infancia, adolescencia y juventud, ahora cada una está logrando sus metas y siempre ha sido elemental tenerlas junto a mí.

Para finalizar agradezco a la Universidad de Chile, por formarme como profesional, proporcionándome las herramientas necesarias para ser un aporte en la sociedad y en lo laboral. En especial a los profesores de mi comisión que tuvieron la disposición de escucharme y guiarme en los momentos de confusión y desorientación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN.....	2
3.	MARCO LEGAL	3
3.1.	Jornada Ordinaria	3
3.2.	Jornada Parcial	3
4.	OBJETIVOS.....	4
4.1.	Objetivo General.....	4
4.2.	Objetivos Específicos	4
5.	MARCO CONCEPTUAL	4
5.1.	Series de tiempo.....	5
5.1.1.	ARMA	5
5.1.2.	ARMAX	6
5.2.	Regresión lineal	6
5.3.	Errores de estimación	7
5.4.	Coefficiente de correlación	7
5.5.	Programación lineal entera	8
6.	METODOLOGÍA	10
7.	ALCANCES.....	11
8.	CARACTERÍSTICAS DEL PROBLEMA.....	12
8.1.	Tipos de contratos	12
8.2.	Locales en estudio.....	12
9.	SITUACIÓN ACTUAL	13
10.	ESTIMACIÓN DE DEMANDA	14
10.1	Regresión lineal	14
10.1.1	Descripción del modelo.....	14
10.1.2	Resultados obtenidos.....	16
10.1.3	Análisis de sensibilidad.....	20
10.2	Series de tiempo.....	22
11.	DESAGREGACIÓN DE DEMANDA ESTIMADA	25
11.1	Desagregación diaria.....	25
11.2	Desagregación por hora.....	26

12.	CARGA DE TRABAJO	28
12.1	Presentación de la formulación	28
12.1.1	Probabilidades de compra.....	28
12.1.2	Porcentajes de tipos de boletas.....	29
12.1.3.	Tiempos de atención por tipo de boleta.....	30
12.1.4.	Tiempo en ordenar.....	31
12.2.	Resultados obtenidos.....	31
13.	MODELO MENSUAL POR LOCAL	33
13.1.	Descripción del modelo.....	33
13.2.	Planteamiento del problema.....	34
13.3.	Resultados del modelo.....	40
13.4.	Estudio de periodo de resolución.....	44
13.5.	Análisis de sensibilidad.....	48
13.5.1.	Crecimiento en la demanda.....	48
13.5.2.	Disminución de costos de despido full time.....	49
13.5.3.	Relajación de restricción full time sobre el mínimo personal por hora en tienda.....	50
13.5.4.	Relajación de restricción part time de mínimo y máximo de horas a trabajar por semana:	51
14.	MODELO DE INTERCAMBIO DE PERSONAL PART TIME.....	52
14.1.	Descripción del modelo.....	52
14.2.	Planteamiento del problema.....	52
14.3.	Resultados obtenidos.....	55
15.	MODELO CON CONTROL DE ASIGNACIÓN DE PREFERENCIAS.....	58
16.	BENEFICIOS POTENCIALES.....	61
17.	CONCLUSIONES.....	65
18.	RECOMENDACIONES.....	67
19.	TRABAJO FUTURO.....	68
20.	BIBLIOGRAFIA.....	69
21.	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N°1: Tiendas de la empresa desde el año 2008	12
Ilustración N°2: Ventas semanales de tienda Oeste para los periodos 2009 y 2010	14
Ilustración N°3: Pronóstico de la regresión versus ventas reales para enero a mayo 2011.....	19
Ilustración N°4: Ajuste del modelo con los datos históricos utilizados	20
Ilustración N°5: Comportamiento del pronóstico del local Prat frente a escenarios	21
Ilustración N°6: Correlograma del local Vespucio	22
Ilustración N°7: Ventas totales por hora para local Tobalaba	26
Ilustración N°8: Carga de trabajo diaria pronosticada para Oeste de enero a mayo 2011 a las 10 am y 5 pm .	32
Ilustración N°9: Horas ociosas generadas por el modelo mensual por local de febrero a mayo 2011.	43
Ilustración N°10: Turnos totales asignados el fin de semana de febrero a mayo 2011.....	43
Ilustración N°11: Turnos totales asignados los días de semana de febrero a mayo 2011.....	44
Ilustración N°12: Comparación función objetivo del modelo por local mensual y cuatrimestral.	46
Ilustración N°13: Asignación empresa vs carga de trabajo calculada: Diciembre 2010.	61
Ilustración N°14: Dotación asignada por la empresa vs carga de trabajo calculada para el local oeste.	63
Ilustración N°15: Ventas totales nominales del comercio minorista.	71
Ilustración N°16: Ventas totales de la empresa a lo largo del país.....	73
Ilustración N°17: Ventas de tiendas más significativas de la región metropolitana.	74
Ilustración N°18: Carga de trabajo asignada en Oeste de enero a mayo 2011 a las 9 am, 2 pm y 6 pm.....	78
Ilustración N°19: Carga de trabajo asignada en Moneda de enero a mayo 2011 a las horas 9 am y 2 pm	78
Ilustración N°20: Vendedoras asignadas versus carga de trabajo calculada para el 24 de diciembre 2010.	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Tiendas trabajadas en la memoria	13
Tabla N°2: Correlaciones de variables explicativas para local Oeste	16
Tabla N°3: Coeficientes del modelo	17
Tabla N°4: Resultados del modelo para el local Oeste	18
Tabla N°5: Resumen resultados regresión lineal de locales en estudio	19
Tabla N°6: MAPE para escenarios de pronósticos	21
Tabla N°7: Test Dickey-Fuller Aumentado Vespucio	23
Tabla N°8: Resultados Serie de tiempo ARMA	24
Tabla N°9: Resultados Serie de tiempo ARMAX	24
Tabla N°10: Desviaciones de proporciones de ventas diarias para cada local	25
Tabla N°11: Proporciones diarias para la primera desagregación de las ventas semanales.....	26
Tabla N°12: Desviación promedio de ventas totales por hora de lunes a domingo y de lunes a viernes.....	27
Tabla N°13: Proporción de ventas de locales Cousiño y Tobalaba para la segunda desagregación de ventas ..	27
Tabla N°14: Probabilidades de compra para cada local.....	29
Tabla N°15: Proporciones de ventas según tipo de boletas.....	30
Tabla N°16: Minutos destinados por tipo de boleta	30
Tabla N°17: Minutos promedio destinados a no compradores por local.....	31
Tabla N°18: Descripción del modelo por local.....	33
Tabla N°19: Asignaciones por hora para el día 15 de mayo del 2011 en el local Vespucio	41
Tabla N°20: Asignación del modelo mensual por local para el mes de febrero 2011	42
Tabla N°21: Resumen de resultados del modelo cuatrimestral para los meses febrero y mayo 2011	45
Tabla N°22: Comparación costos totales incluyendo los meses de febrero a mayo 2011	47
Tabla N°23: Resumen modelo base.....	48
Tabla N°24: Porcentaje de aumento de la carga de trabajo al crecer un 30% la demanda	48
Tabla N°25: Resumen de cambios del modelo base ante un aumento en la demanda de un 30%	49
Tabla N°26: Resumen de cambios del modelo base ante la disminución del costo de despido de un 40%	49
Tabla N°27: Resumen de cambios del modelo base ante la disminución del costo de despido de un 60%	50
Tabla N°28: Resumen de resultados obtenidos con la relajación del mínimo personal full time por hora	51
Tabla N°29: Relajación de restricción part time sobre mínimo y máximo de horas a trabajar por semana	51
Tabla N°30: Descripción general del modelo con intercambio de personal part time	52
Tabla N°31: Asignaciones de preferencias para los meses febrero y mayo 2011	56
Tabla N°32: Resumen de asignaciones totales por semana para los meses febrero y mayo 2011	56
Tabla N°33: Asignaciones de preferencias para mayo 2011 con ponderación 70/30 en la función objetivo	57
Tabla N°34: Comparación asignaciones de modelo de intercambio de personal sin cambios y con cambios	59
Tabla N°35: Comparación de modificaciones sobre asignaciones globales por semana de modelo de intercambio de personal.....	59
Tabla N°36: Asignaciones mayo 2011 modelo base intercambio de personal part time	60

Tabla N°37: Asignaciones mayo 2011 de modelo base intercambio de personal part time con inclusión de restricción de selección de vendedoras	60
Tabla N°38: Ticket promedio de locales en estudio.....	61
Tabla N°39: Resumen de libro de asistencia de febrero a abril 2011.....	62
Tabla N°40: Comparación en costos totales de asignación realizada por la empresa y por el modelo cuatrimestral por local.....	63
Tabla N°41: Comparación en costos totales de asignación realizada por la empresa y por el modelo cuatrimestral por local. Sin considerar demanda insatisfecha.....	64
Tabla N°42: Extracto de datos transaccionales del local Oeste	74
Tabla N°43: MAPE pronóstico 2011.....	75
Tabla N°44: Proporciones de ventas diarias de feriados.....	76
Tabla N°45: Carga de trabajo para la semana donde ocurre el día de la madre en el año 2011.....	77
Tabla N°46: Asignación de la empresa de las vendedoras full time para enero 2011.....	83
Tabla N°47: Resumen resultados modelo mensual por local de marzo a mayo 2011	84
Tabla N°48: Resumen resultados modelo cuatrimestral por local de marzo y abril 2011	85
Tabla N°49: Comparación resultados modelo intercambio con la incorporación de manejo de prioridades	89
Tabla N°50: Comparación de modificaciones sobre asignaciones globales por semana de modelo de intercambio de personal	89

1. INTRODUCCIÓN

El sector del comercio dedicado a las ventas por menor en grandes cantidades, también conocido como retail, llega prácticamente a todo el país a través de sus distintos canales tales como supermercados, tiendas por departamento, tiendas de especialidad, tiendas mayoristas, entre otras. Los supermercados se presentan principalmente a través de cadenas y se dedican a suministrar bienes de consumo tales como alimentos, limpieza, perfumería, entre otros. Por su parte las tiendas por departamento entregan una amplia variedad de productos tanto en vestimenta, decoración, deporte, etc. Las tiendas de especialidad proporcionan una menor variedad de productos, ya que se centran en el surtido de pocas categorías como por ejemplo las ferreterías. Finalmente las tiendas mayoristas venden en grandes cantidades centrando su modelo de ventas en sus clientes almaceneros. Para el caso de esta memoria se trabajará con una tienda de especialidad dedicada a la lencería femenina a lo largo del país.

Este sector ha tenido un fuerte crecimiento en su impacto en la economía del país durante los últimos años. A finales del año 2010 el comercio de la división 50¹ logra ventas totales nominales de 350.000 millones de pesos corrientes (ver anexo N°1), lo que a su vez corresponde a una participación de un 22% del PIB nacional. Pero además la actividad del comercio al por menor registró en el año 2010 un crecimiento equivalente a 15,9% respecto de 2009, siendo la tasa de variación más alta en los cinco años analizados [3]. Esto demuestra el progreso que ha presentado esta industria reflejado en la preferencia de la población por satisfacer gran parte de sus necesidades a través de estos canales de venta y por otra parte, refuerza la importancia de estudiar el retail chileno. El éxito de esta industria llega en algunos casos a traspasar las fronteras del país, es así como hoy en día se encuentran en el foco países como Perú, Colombia y Brasil, por tres razones: por el tamaño de sus poblaciones ya que juntos suman 270 millones de habitantes, por el importante crecimiento que han presentado los últimos años debido al fuerte proceso de apertura de mercados y finalmente por la estabilidad política-económica que presentan estos países en la actualidad [1].

El éxito de las empresas que conforman el comercio de ventas minoristas está determinado principalmente por la preocupación de entregar un constante servicio de calidad y así captar una mayor cantidad de clientes. Sin embargo, este esfuerzo se ve muchas veces dificultado por la fuerte competencia que se ha generado en el mercado. Es por ello que se ha vuelto primordial invertir en distintos medios que permitan lograr un mejor posicionamiento y rentabilidad de la empresa. Una manera de lograrlo es a través de la investigación y desarrollo, la cual permitirá entre otras cosas dar una mejor atención y conocer el comportamiento de los clientes frente a distintas situaciones, esto a través de mejoras en el área de marketing, operaciones, finanzas y recursos humanos. El tema de esta memoria se relaciona directamente con lo anterior, ya que busca optimizar la gestión de la fuerza de venta en tiendas de un retailer de especialidad de manera de ahorrar en costos por sobredotación y además asegurarse de entregar un servicio de calidad a los clientes impidiendo la existencia de demanda insatisfecha, así no sólo se optimizan los recursos financieros sino que también se preocupan de evitar fugas de clientes por mal servicio.

¹La división 50 según la clasificación Internacional Industrial Uniforme, agrupa el mercado minorista, excepto el comercio de vehículos automotores. Fuente: INE (www.ine.cl) [3]

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

Aspectos fundamentales en el negocio de la venta al detalle se basan en la productividad, diferenciación y calidad de servicio. Todos ellos tienen como denominador común al recurso humano. Con los años la industria del retail ha ido cambiando la forma de ver a este elemento protagónico en el crecimiento.

Es importante rescatar que el mal manejo del personal puede llevar a una sobre rotación, algunos cargos pueden ser utilizados por hasta tres personas durante un año. A su vez, existe un tema crítico para la industria del retail que corresponde a la rigidez laboral, actualmente un 75,3% de los trabajadores de centros comerciales tienen jornada completa a pesar de lo importante que resulta para los empleados, en ciertos casos, tener jornadas de trabajo parciales². Estos dos puntos señalados anteriormente demuestran la creciente evolución de esta industria y lo significativo que resulta que sus empleados se adecuen a esta, es por ello que no es trivial optimizar la dotación de manera de ajustarse lo más eficientemente a la demanda pero además poder tener flexibilidad en su manejo.

Para la empresa en estudio uno de los objetivos principales es entregar una atención personalizada a sus clientes, de manera de guiarlos en toda su experiencia de compra en la tienda, ya sea desde que seleccionan un producto hasta que lo compran. Al sumarle la decisión de utilizar la intuición y conocimiento experto para asignar la cantidad de personal full time y part time presentes en la fuerza de venta, se ha provocado un desajuste con la demanda que se traduce en horas ociosas del personal y demanda insatisfecha. El principal problema de estos desajustes consiste en los costos que esto involucra para la empresa y la entrega de un servicio de menor calidad a lo esperado por los clientes. Actualmente la empresa intuye un desajuste entre la demanda y la fuerza de venta el que se hace notar en mayor medida en los días donde la demanda crece superando la media.

Desde esta preocupación nace la presente memoria, buscando gestionar la fuerza de venta de un retailer especialista. El cual desea optimizar su asignación de días y horarios de trabajo que destina a sus vendedoras en las tiendas donde opera, esto para reducir su desajuste actual y utilizar de manera más eficiente sus recursos humanos. La empresa tiene como meta ser líderes dentro de la categoría en que se especializa, por lo que tiene claro la necesidad de invertir sus recursos en distintas vías, siendo una de ellas en Investigación y Desarrollo a través de prácticas profesionales, estudios, memorias, entre otras.

Sin embargo se podría pensar en tener a un analista que pueda realizar las asignaciones, para ello primero tendría que asignar los turnos y días libres de cada vendedora full time, pero luego se hace más complejo el trabajo al tener que decidir si utilizar o no personal part time, en que turnos y si deben reemplazar a algún turno full time. Como se puede ver la tarea no es sencilla y a medida que la cantidad de vendedoras crece se vuelve mucho más complejo de planificar.

² Fuente: Revista Capital (www.capital.cl), artículo 298, 2011. [1]

3. MARCO LEGAL [2]

Se estudia el marco legal de manera de lograr una concordancia con las restricciones de los modelos de programación lineal. Se analiza el código del trabajo para los tipos de contratos estudiados en esta memoria:

a. Jornada Ordinaria

Esta jornada corresponde al contrato full time y tiene asociadas los siguientes artículos:

- Artículo 22: La duración de la jornada ordinaria de trabajo no excederá de cuarenta y cinco horas semanales.
- Artículo 24: El empleador podrá extender la jornada ordinaria de los dependientes del comercio hasta en dos horas diarias durante nueve días anteriores a navidad, distribuidos dentro de los últimos quince días previos a esta festividad. En este caso las horas que excedan al máximo señalado en el inciso primero del artículo 22, o a la jornada convenida, si fuere menos se pagarán como extraordinarias.
- Artículo 28: El máximo semanal establecido en el inciso primero del artículo 22 no podrá distribuirse en más de seis ni en menos de cinco días.
- Artículo 34: La jornada de trabajo se dividirá en dos partes, dejándose entre ellas, a lo menos, el tiempo de media hora para la colación. Este período intermedio no se considerará trabajado para computar la duración de la jornada diaria.
- Artículo 35: Los días domingo y aquellos que la ley declare festivos serán de descanso, salvo respecto de las actividades autorizadas por ley para trabajar en esos días.
- Artículo 35 bis: Las partes podrán pactar que la jornada de trabajo correspondiente a un día hábil entre dos días feriados, o entre un día feriado y un día sábado o domingo, según el caso, sea de descanso, con goce de remuneraciones, acordando la compensación de las horas no trabajadas mediante la prestación de servicios con anterioridad o posterioridad a dicha fecha. No serán horas extraordinarias las trabajadas en compensación del descanso pactado.
- Artículo 35 ter: En cada año calendario que los días 18 y 19 de septiembre sean días martes y miércoles, respectivamente, o miércoles y jueves, respectivamente, será feriado el día lunes 17 o el día viernes 20 de dicho mes, según el caso.

b. Jornada Parcial

Esta jornada corresponde al contrato part time y los artículos que se relacionan con los modelos son los siguientes:

- Artículo 40 bis: Se podrán pactar contratos de trabajo con jornada a tiempo parcial, considerándose afectos a la normativa del presente párrafo, aquéllos en que se ha convenido una jornada de trabajo no superior a dos tercios de la jornada ordinaria, a que se refiere el artículo 22.
- Artículo 40 bis A: En los contratos a tiempo parcial se permitirá el pacto de horas extraordinarias. La base de cálculo para el pago de dichas horas extraordinarias, no podrá ser inferior al ingreso mínimo mensual que determina la ley, calculado proporcionalmente a la cantidad de horas pactadas como jornada ordinaria. La jornada ordinaria diaria deberá ser continua y no podrá exceder de las 10 horas, pudiendo interrumpirse por un lapso no inferior a media hora ni superior a una hora para la colación.

4. OBJETIVOS

a. Objetivo General

Desarrollar una metodología de apoyo para la asignación y calendarización de la fuerza de venta mensual en tiendas de vestuario femenino.

b. Objetivos Específicos

- Determinar cargas de trabajo por hora y local de acuerdo a ventas esperadas y tiempos de atención estimados.
- Desarrollar un modelo matemático a nivel de local que permita optimizar la asignación y calendarización de las vendedoras respetando restricciones de carga de trabajo y laborales.
- Elaborar un modelo matemático, para los locales presentes en la Región Metropolitana, que permita el intercambio de personal entre las tiendas.
- Entregar recomendaciones para la gestión de la fuerza de venta que permitan optimizar el manejar de los recursos de la empresa.

5. MARCO CONCEPTUAL

Se explicarán principalmente tres conceptos en este capítulo, pronóstico de demanda, carga de trabajo y problemas matemáticos de programación.

Uno de los elementos fundamentales de este trabajo es obtener una buena estimación de las ventas futuras utilizando datos históricos y algún tipo de modelo matemático. Los tipos de pronóstico se pueden clasificar en cualitativos y cuantitativos. Los primeros incorporan factores como la intuición y experiencia mientras que los segundos se basan en modelos matemáticos, en

estos últimos se centrarán los siguientes párrafos ya que actualmente la empresa trabaja a través del método cualitativo y se buscará contrastar los dos pronósticos.

Es importante conocer los cuatro puntos fundamentales que ayudan a decidir qué tipo de pronóstico utilizar:

- El horizonte de tiempo para realizar la proyección.
- La disponibilidad de los datos.
- El patrón que poseen los datos.
- Tiempo de preparación del pronóstico

Con respecto al horizonte de tiempo existen proyecciones de corto plazo que van hasta 1 año, mediano plazo que van desde 1 a 3 años y por último largo plazo con más de 3 años. Mientras menor es el plazo se logra una mayor precisión de los pronósticos, esto debido a las constantes fluctuaciones que van sufriendo los datos ya sea por cambios externos como internos de la empresa.

La disponibilidad de datos es muy importante, ya que el tipo de modelo que se ajuste más dependerá de la cantidad de periodos con información histórica que se posea, lo mismo ocurre con el patrón que posea la demanda, es decir en cuanto a estacionalidad, tendencia y ciclos. Podemos entender la estacionalidad como un movimiento periódico de la demanda, la tendencia como el comportamiento predominante de la demanda, es decir, la dirección o rumbo que poseen los datos, y periodos cíclicos como la repetición cada cierto tiempo de los datos. Finalmente se debe considerar la complejidad del modelo a utilizar ya que en general mientras mayor sea esta, mayor será el tiempo que se deberá destinar en la preparación del pronóstico.

Tomando en cuenta todo lo anterior se describen brevemente algunos de los tipos de modelos matemáticos que serán utilizados en este trabajo para realizar un pronóstico cuantitativo.

1.1. Series de tiempo

A continuación se describen dos tipos de series de tiempo³:

1.1.1. ARMA [11]

Denominado modelo autorregresivo de medias móviles, está conformada por promedios móviles (MA) y procesos autorregresivos (AR), los cuales se explican a continuación:

El proceso autorregresivo se rige por el orden que posea la ecuación, siendo su forma más general la de orden p denominándose AR(p). Esta se representa por la siguiente estructura:

$$y_t = a + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad \text{[Ecuación 1]}$$

³ Los restantes tres tipos de series de tiempo se explican en el anexo N°2.

Donde a y β son constantes por determinar, ε_t corresponde al ruido blanco de la serie e y_{t-p} las variable pasadas de la serie, lo que justifica a su vez su nombre.

El proceso de medias móviles, MA(q), posee al igual que el proceso anterior un orden q que indica el número de periodos recientes que utiliza la serie para la estimación. La estructura general se expresa de la siguiente manera:

$$y_t = a + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Donde la estimación de la variable dependiente y_t depende de los ruidos blancos de periodos pasados ε_t y además de constantes como a y θ por determinar.

1.1.2. ARMAX [11]

Denominado modelo autorregresivo de medias móviles con variables exógenas, como lo dice su nombre, es muy similar al proceso ARMA pero incluye variables exógenas que puedan influir a la variable dependiente. Luego su orden se representa con ARMAX(p,q,r) y se estructura de la siguiente forma:

$$y_t = a + \sum_{i=1}^p \beta'_i y_{t-i} - \sum_{i=0}^q \theta'_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{i=0}^r \gamma_i x_{t-i} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Donde γ_i corresponde a los coeficientes de las variables exógenas x_{t-i} .

1.2. Regresión lineal [11]

La regresión lineal además de utilizar los datos históricos incorpora variables explicativas que puedan influir en la cantidad a pronosticar. Esta técnica estadística es utilizada para estudiar la relación entre variables cuantitativas. Tanto en el caso de dos variables (regresión simple) como en el de más de dos variables (regresión múltiple), se puede utilizar esta metodología para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente y una o más variables llamadas independientes o predictivas, pero también para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos. El modelo asociativo corresponde a:

$$y_t = a + \sum_{i=0}^s \rho_i * x_{it} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde: y_t = Variable dependiente por predecir para cada periodo t.
 x_{it} = Variable independiente i para el periodo t.
 a = Constante de la regresión.
 ρ_t = Coeficiente de cada una de las variables independientes i.

Dentro de las variables explicativas se puede incorporar información sobre momentos claves durante el año que producen una reacción en la demanda, como por ejemplo: navidad, vacaciones, feriados, fines de mes, promociones, entre otras.

1.3. Errores de estimación [12]

Para conocer el error global de predicción para cada uno de estos modelos se pueden utilizar las medidas de desviación absoluta media, error cuadrático medio, error porcentual absoluto medio y error estándar. Estas se muestran respectivamente a continuación:

$$MAD = \frac{\sum_i |ValorReal_i - ValorPronosticado_i|}{n} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

$$MSE = \frac{\sum_i |ValorReal_i - ValorPronosticado_i|^2}{n} \quad \text{[Ecuación 6]}$$

$$MAPE = \frac{100 * \sum_i |ValorReal_i - ValorPronosticado_i|}{n * ValorReal_i} \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_i |ValorReal_i - ValorPronosticado_i|^2}{n-2}} \quad \text{[Ecuación 8]}$$

1.4. Coeficiente de correlación

Otra manera de evaluar la relación entre dos variables es con el coeficiente de correlación que se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$r = \frac{n * \sum(y' * y) - \sum y' * \sum y}{\sqrt{[n * \sum y'^2 - (\sum y')^2] * [n * \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Los valores de r pueden estar entre -1 y 1 y dependiendo de éste se sabrá la correlación que poseen los datos:

- Si r=1, existe correlación positiva perfecta, que corresponde al caso ideal.
- Si $0 \leq r \leq 1$, existe correlación positiva.
- Si r=-1, existe correlación negativa perfecta.
- Si r=0, no existe correlación.

También se puede conocer el coeficiente de determinación con r^2 , indicando el porcentaje de variación en la variable dependiente (y) que explica la ecuación de regresión, luego mientras más cercano a 1 se encuentre la predicción será más exacta.

En conclusión, la elección del modelo dependerá del tipo de dato que se posea en cuanto a tendencia y estacionalidad, para el caso de esta memoria se optará por escoger uno de los modelos de series de tiempo y además aplicar regresión lineal a los datos sobre la demanda histórica, para así comparar sus resultados y a partir de los errores globales de predicción e índices, como el coeficiente de determinación que cada uno posea, se escogerá el que utilizará la empresa en un futuro.

1.5. Programación lineal entera

La carga de trabajo se utilizará como entrada para los métodos de optimización que permitirán obtener los resultados finales de la memoria, estos corresponden a la fijación y asignación de turnos para las vendedoras full y part time, herramienta que corresponde al siguiente elemento a analizar. Un problema de programación está compuesto por tres partes, primero una función objetivo que es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar, lo segundo son variables que representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo y finalmente se encuentran las restricciones que son el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer. De acuerdo al tipo de problema se trabajará con un método determinístico, con respecto a los tipos de métodos se describen a continuación los principales, teniendo en cuenta que a cada uno de ellos es posible realizarle modificaciones en cuanto a relajaciones de variables y ecuaciones:

- Programación lineal (LP): Donde la función objetivo y las restricciones son lineales, las variables y parámetros toman valores reales (\mathbb{R}) dentro de la programación.
- Programación lineal entera mixta (MIP): Corresponde a un tipo de programación entera, pero para este caso las variables pueden tomar valores enteros (\mathbb{Z}) y reales (\mathbb{R}), lo que justifica que se denomine mixta. Se pueden utilizar variables binarias que tomen valores 0 o 1 y variables enteras que son forzadas a tomar valores enteros mayores que 0. Una modificación de esta programación es RMIP, programación entera mixta relajada, donde las variables no son forzadas a tomar valores discretos y pueden tomar valores continuos.
- Programación cuadrática (QP): Corresponde a un tipo de programación matemática no lineal, en donde las restricciones son lineales pero la función objetivo es cuadrática.
- Programación no lineal (NLP): Este tipo de programación incluye funciones no lineales tanto para las restricciones como para la función objetivo. Las variables toman valores reales (\mathbb{R}).

En este trabajo se abordará el problema principal con MIP debido a las características del modelo, en que las variables deben ser enteras y las restricciones y función objetivo corresponden a funciones lineales. Al tratarse de un problema MIP, su dificultad es superior a la de un problema LP, en consecuencia, requiere un mayor tiempo de cálculo, posee mayores requisitos de memoria y tiene la característica adicional de forzar a las variables de decisión a tomar valores enteros.

Este tipo de programación MIP tiene distintas aplicaciones en la gestión de la empresa, una de ellas es la programación de puestos de trabajo (Scheduling Employee), no sólo en la industria del retail sino también en call center, hospitales [14], entre otros. Este corresponde al problema abordado en esta memoria, en la cual se busca asignar de manera personalizada los turnos y días de trabajos que tendrá la fuerza de venta de las tiendas, de manera de optimizar la utilización de los recursos disponibles. Para este tipo de aplicación se trabaja con la demanda histórica que permite realizar la asignación de personal lo más ajustada posible a las ventas, evitándose las horas ociosas o demanda insatisfecha dentro de una tienda.

La rapidez de resolución dependerá del tamaño del problema el cual viene dado principalmente por las variables y las restricciones. Este modelo podrá ser modificado en caso que la empresa desee incorporar o eliminar restricciones una vez finalizada la entrega del documento.

Por otra parte, en caso que no se logre tener una solución efectiva con la programación lineal entera mixta, se deberá utilizar un método heurístico. La programación heurística tiene dos objetivos fundamentales que son encontrar algoritmos con buenos tiempos de ejecución y buenas soluciones. Luego, es un algoritmo que abandona uno o ambos objetivos y son generalmente usadas cuando no existe una solución óptima bajo las restricciones dadas (tiempo, espacio, etc.), o cuando no existe del todo.

Para conocer la complejidad del problema, ya sea para los métodos determinísticos como para los heurísticos, se necesita conocer el número de instrucciones del algoritmo en base del tamaño de la entrada. Con lo cual se podrá clasificar en:

- Problemas NP: Conjunto de problemas que pueden ser resueltos en tiempo polinómico por un modelo de programación no determinista.
- Problemas P: Subconjunto de los NP donde se puede resolver el problema con un algoritmo polinómico.
- Problemas NP-completo: Conjunto de problemas que se pueden transformar polinómicamente en un problema NP, por lo tanto es un subconjunto de éste.

De acuerdo a las definiciones vistas en esta sección se puede concluir que los modelos trabajados en esta memoria son deterministas de tipo MIP lo que da una complejidad de un problema P.

6. METODOLOGÍA

Para cumplir los objetivos planteados se utiliza la metodología que se describe a continuación:

1. Estudio de la situación actual a través de una revisión bibliográfica en papers y artículos para profundizar en la programación de empleos (scheduling employee) y estimación de demanda. Estudio de memorias previas relacionadas con dotación de personal y programación de turnos de alumnos de la Universidad de Chile, de manera de conocer lo que se ha trabajado en el tema y lo que falta para complementarlo.
2. Identificación de los recursos disponibles en cuanto a información y datos pertenecientes a la empresa. Se necesitarán:
 - Datos transaccionales para los años 2009, 2010 y 2011, necesarios para desarrollar el modelo antes mencionado, indicándose en cada uno de ellos la información de la boleta, local, vendedora, fecha y hora en que se realizó la compra.
 - Tiempos de atención de vendedoras, en relación a cantidad de productos por boleta, para cada local. Esto para el caso en que la persona compra y no compra.
 - Tiempos por hora dedicados a ordenar en cada local.
 - Horarios de atención en cada local.
 - Costos por hora ociosa, salarios, contratación y despidos.
 - Libros de asistencia de los meses febrero, marzo y abril 2011.
3. Estimación de demanda a través de dos modelos, regresión lineal y serie de tiempo, se escogerá uno a partir de los resultados obtenidos analizando su error de pronóstico y coeficiente de determinación, como se explicó en el marco conceptual. Los locales utilizados son los ubicados en la Región Metropolitana teniendo como condición excluyente una antigüedad de más de tres años, esto para utilizar los primeros dos años en el pronóstico de demanda y el último año para la validación del modelo predictivo. Los softwares utilizados corresponden a SPSS y EVIEWS respectivamente.
4. Se estudia la sensibilidad del modelo predictivo con menores errores en la estimación de demanda, a fin de entender su comportamiento frente a variaciones.
5. Cálculo de la carga de trabajo de las tiendas trabajadas para el año 2011 de acuerdo a la ecuación desarrollada en una memoria anterior en la empresa [7]. Para esto se requirió como dato de la empresa los porcentajes de compra según cada tipo de boleta, las probabilidades de compra y tiempos de atención por tipo de boleta diferenciadas según cantidad de productos. La proporción de boletas vendidas según el tipo de compra se calcula con los datos del año 2010.
6. Diseño de un modelo de programación entera por local, en donde se trabaje la asignación de personal y la calendarización de la fuerza de venta. Para ello se realiza primero el planteamiento del problema que busque minimizar los costos asociados a horas ociosas y gastos mensuales del personal como salarios, costos de despido y de contratación. Para lograr esto se comparte información con la empresa en cuanto a restricciones laborales y parámetros necesarios para el modelo, como horarios de atención de los locales, bloque de

almuerzo, entre otros. Luego se traspa el modelo al programa GAMS donde se obtienen los resultados finales.

7. Estudio de sensibilidad del modelo frente a cambios en la demanda, costos de despido y relajación de restricciones.
8. Diseño de un modelo a nivel de empresa, el cual utiliza los resultados obtenidos del modelo por local para incorporar el intercambio de personal part time entre las tiendas en estudio. Para ello se conservarán los turnos creados por el modelo individual con el fin de poder manejar la asignación del personal a éstos, dependiendo de las preferencias que posean las vendedoras.
9. Diseño de un modelo que asigne los puestos ya definidos considerando el intercambio de personal, teniendo el control del grupo de vendedoras al que se desea cumplir sus preferencias con mayor prioridad que al resto. Esta medida puede ser utilizada como premio de comportamiento o incentivo en ventas. Se aborda el problema a través de un modelo lineal entero.

7. ALCANCES

La memoria contempla la entrega de una metodología de apoyo para las decisiones relacionadas con la asignación de días y horarios de trabajo para el personal de cada local. Para lograr esto, primero se trabaja con la predicción de demanda y cálculo de carga de trabajo.

Se estudian doce locales de la región metropolitana, siendo la metodología completamente replicable para los demás locales de la empresa, debiendo actualizar los parámetros que van difiriendo según las tiendas. Los resultados de los modelos utilizan los meses de febrero a mayo 2011, debido a que la estimación de demanda fue pronosticada hasta esos meses. Luego todas las entradas y parámetros de los modelos son calculadas sólo para los meses y locales en estudio.

Tanto los modelos programados como las recomendaciones se considerarán como entregables, incluyendo el código y el informe final de la memoria. De manera que la empresa tenga clara la utilidad de la metodología en cuanto a reducción de costos pero además que pueda en un futuro replicar y modificar la metodología para conocer la asignación y calendarización necesaria en cada mes del año.

No se considera una interfaz que muestre de manera visualmente atractiva los resultados de los modelos para la empresa, por lo que será tarea de ellos contratar posteriormente a la entrega de este trabajo, a un especialista que lo realice.

8. CARACTERÍSTICAS DEL PROBLEMA

8.1. Tipos de contratos

Se trabajará con dos tipos de contrato de acuerdo a lo conversado con ejecutivos de la empresa, ambos ya se han implementado pero se desea adecuar las jornadas laborales:

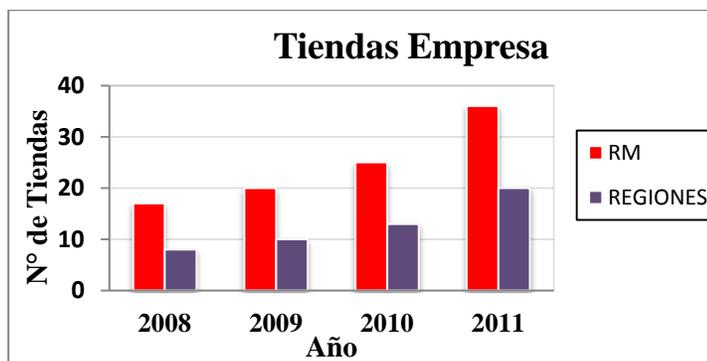
Contrato Full Time: Consiste en un contrato de 45 horas semanales, que corresponde a 180 horas mensuales. Estas horas se distribuyen debiendo asignarse diariamente una hora de almuerzo. Se consideran dos días libres semanales debiendo cumplirse que dos de ellos al mes sean domingos.

Contrato Part Time: Consiste en un contrato flexible con turnos laborales entre 3 y 4 horas para los días de semana y de 8 horas para los turnos de fines de semana. El límite de horas trabajadas es de 28 horas a la semana y el mínimo será parte del estudio. No se considera dentro del turno hora de colación y deben estar acompañados, durante toda la jornada, por un personal full time.

8.2. Locales en estudio

La empresa ha tenido una fuerte expansión, llegando en dos años a comprar nuevas líneas de productos y así prácticamente duplicar el número de tiendas a lo largo del país. Actualmente la firma posee 56 tiendas en Chile distribuidas según la Ilustración N°1, y no sólo vende a través de tiendas propias sino que también comercializa sus productos en grandes tiendas, y prevee también llegar por este canal a Perú y Centro América en un futuro próximo. Se ha notado un crecimiento no sólo a nivel de número de tiendas sino que también a nivel de ventas, las ventas totales para el año 2010 aumentaron en un 37% respecto del año 2009 (ver anexo N°3). En cuanto a las seis tiendas más significativas para la empresa durante el 2010 formadas por Marathon, Cousiño, Subcentro, Mall Plaza Oeste, Mall Plaza Tobalaba y venta de bodega de Marathon, las cuales juntas suman el 23% de las ventas totales en la Región Metropolitana. Estas muestran un fuerte crecimiento desde el año 2009 al 2010 llegando en algunos casos a cuatriplicar sus ventas totales anuales. (Ver anexo N°4)

Ilustración N°1: Tiendas de la empresa desde el año 2008



Fuente: Elaboración propia.

Se trabajará con 12 locales presentes en la región metropolitana siendo su criterio de selección tener una antigüedad de 6 meses antes de la fecha inicial de datos históricos a utilizar y no haber modificado sus horarios de atención durante los años 2009 a 2011. Se utilizarán ventas a partir del 5 de enero del 2009 hasta el 2 de enero del 2010, es decir, dos años completos de datos. Se posee la información de estos datos transaccionales para cada local estudiado (ver extracto de datos transaccionales del local Oeste en anexo N°5. Existen tiendas ubicadas en mall y otras independientes teniendo distintos comportamientos en las ventas y en los horarios de atención, la clasificación se muestra en la tabla N°1.

Tabla N°1: Tiendas trabajadas en la memoria.

Local	Ubicación	Comuna	Horario Atención
Bulnes	Tienda	Santiago Centro	Lunes a Viernes 09:45 a 20:15, Sábado 09:45 a 16:00 Hrs.
Prat	Tienda	Santiago Centro	Lunes a Viernes 10:00 a 19:00, Sábado 11:00 a 13:30 Hrs.
Matte	Tienda	Santiago Centro	Lunes a Viernes 09:45 a 20:30, Sábado 10:00 a 15:30 Hrs.
Norte	Mall	Quilicura	Lunes a Domingo 10:00 a 21:30 Hrs.
Oeste	Mall	Cerrillos	Lunes a Domingo 10:00 a 21:30 Hrs.
Vespucio	Mall	La Florida	Lunes a Domingo 10:00 a 21:30 Hrs.
Tobalaba	Mall	Puente Alto	Lunes a Domingo 10:00 a 21:30 Hrs.
Moneda	Tienda	Santiago Centro	Lunes a Viernes 09:30 a 20:00 Hrs.
Cosío	Tienda	Santiago Centro	Lunes a Viernes 09:30 a 20:15, Sábado 10:30 a 15:15 Hrs.
Quilín	Mall	Macul	Lunes a Domingo 10:30 a 21:30 Hrs.
Apumanque	Mall	La condes	Lunes a Domingo 10:00 a 21:00 Hrs.
Maipú	Mall	Maipú	Lunes a Domingo 11:00 a 22:00 Hrs.

Fuente: Elaboración propia.

9. SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la empresa cuenta con 58 tiendas distribuidas a lo largo del país, de las cuales 34 se encuentran operando en la región metropolitana. La empresa trabaja con una fuerza de venta equivalente a 312 personas en sala. En las doce tiendas presentes en el estudio no cuenta con personal part time trabajando, a pesar de que estos locales presentaron el 54% de las ventas durante el periodo enero a septiembre 2011.

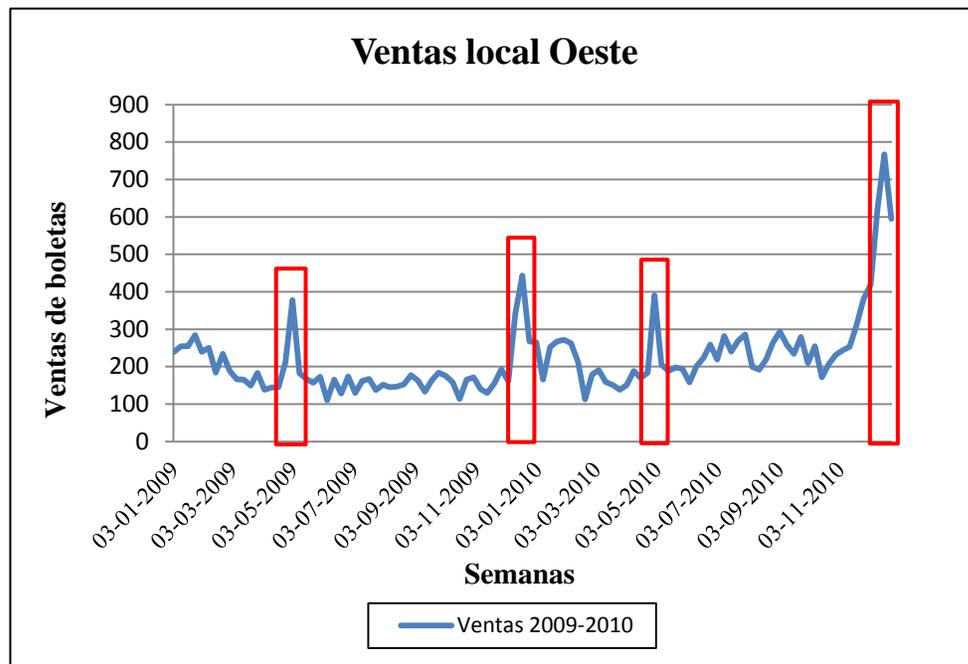
La eficiencia en la distribución de las ventas se hace notar considerablemente en las semanas que presentan demandas con fuertes crecimientos, esto ocurre en navidad donde las ventas aumentaron un 113% respecto de dos semanas anteriores en el año 2010 y para el día de la madre cuando las ventas crecen en promedio un 111% respecto de la semana anterior⁴.

⁴ Los porcentajes presentados corresponden al valor promedio de los locales en estudio.

10. ESTIMACIÓN DE DEMANDA

Se realizan dos tipos de estimación de demanda, regresión lineal y series de tiempo, a modo de comparar sus resultados a través del error de pronóstico y escoger la que prediga de mejor manera las ventas futuras. Se realizan las estimaciones a partir de los datos de ventas semanales pasadas con el objetivo de realizar una posterior desagregación de la información hasta obtener finalmente la demanda por hora para cada local, la elección de estimación semanal se basa básicamente en que las ventas a nivel diario resultan muy variables al ser números bajos, que rodean las 20 boletas por día en los locales con menores ventas. Si se observan las ventas semanales de los años 2009 y 2010 de los locales en estudio, se puede ver que son claramente muy variables pero presentan dos momentos claves para la empresa donde las ventas se cuadruplican, esto ocurre la semana del día de la madre y de navidad como se puede ver en la Ilustración N°2. Se pronostican en ambos métodos los meses de enero a mayo 2011 a modo de comparar sus resultados y errores de pronóstico para luego utilizarlos como input de los modelos.

Ilustración N°2: Ventas semanales de tienda Oeste para los periodos 2009 y 2010



Fuente: Elaboración propia.

10.1 Regresión lineal

10.1.1 Descripción del modelo

La finalidad de la regresión lineal es realizar cálculos predictivos de la variable dependiente, en este caso las ventas semanales de cada local. Para ello se considera un conjunto de variables independientes que podrían explicar el comportamiento de las ventas pasadas, es decir, el modelo se calibra de acuerdo a datos históricos para poder predecir la estructura de las ventas futuras. Una vez entendiendo esto se procede a explicar las variables del modelo.

Variable dependiente:

- y_t : Ventas semanales para cada local contando con información completa para los años 2009 y 2010. Con $y_t \in Z^+$.

Variables independientes:

- x_{1t} : Ventas del periodo t-1 de cada local. Simula un proceso autorregresivo. Con $x_{1t} \in Z^+$.
- x_{2t} : Ventas del periodo t-2 de cada local. Simula un proceso autorregresivo. Con $x_{2t} \in Z^+$.
- x_{3t} : Ventas del periodo t-3 de cada local. Simula un proceso autorregresivo. Con $x_{3t} \in Z^+$.
- x_{4t} : Ventas del periodo t-4 de cada local. Simula un proceso autorregresivo. Con $x_{4t} \in Z^+$.
- x_{5t} : Indicador de si en la semana t corresponde el evento fin de mes. Con $x_{5t} \in \{0,1\}$.
- x_{6t} : Indicador de si en la semana t ocurre el día de la madre. Para este trabajo se considera la semana 18 debido al notorio aumento en las ventas que se produce. Con $x_{6t} \in \{0,1\}$.
- x_{7t} : Indicador de si la semana t corresponde a la semana de navidad. Se considera que en la semana 51 ocurre este evento debido al claro aumento que presentan en las ventas los locales trabajados. Con $x_{7t} \in \{0,1\}$.
- x_{8t} : Indicador de si la semana t corresponde a la semana anterior a la de navidad. En este caso se trata de la semana 50 donde se muestra un nivel intermedio de ventas entre navidad y una semana promedio. Con $x_{8t} \in \{0,1\}$.
- x_{9t} : Indicador de si la semana t posee algún feriado no trabajado por el local. Con $x_{9t} \in \{0,1\}$.
- x_{10t} : Indicador de si la semana t posee algún feriado trabajado por el local. Con $x_{10t} \in \{0,1\}$.
- x_{11t} : Indicador de si la semana t corresponde a la última semana febrero en el local, corresponde a la semana 7 u 8 dependiendo del momento en que se produce la baja en las ventas provocado por el periodo de vacaciones de la población en general, esto es un evento que se aprecia en todos los locales para los años 2009 y 2010 lo que motiva su utilización dentro de las variables independientes. Con $x_{11t} \in \{0,1\}$.
- x_{12t} : Indicador de si la semana presenta feriados no trabajados y además corresponde a fin de mes. Esta variable se utiliza para dar mayor claridad al modelo al momento en que dos eventos con efectos opuestos se producen en una misma semana. Con $x_{12t} \in \{0,1\}$.

10.1.2 Resultados obtenidos

Los resultados mostrados a continuación son obtenidos del software SPSS y para efectos de mayor claridad se presentan inicialmente los obtenidos del local Oeste.

Para ejecutar la regresión es importante verificar que no exista una alta correlación entre las variables explicativas, se considera que un valor mayor a 0,5 corresponde a una correlación significativa ya que al ser un intervalo intermedio entre 0 y 1 indica que una variable está influenciando en un mismo sentido a otra, pero dejando de hacerlo de manera moderada al ser un valor más cercano a 1 que a 0. Luego se comienza por estudiar las correlaciones de Pearson entre las variables obtenidas a través del software SPSS como se muestra para el local Oeste en la Tabla N°2.

Tabla N°2: Correlaciones de variables explicativas para local Oeste.

Variables	x_{1t}	x_{2t}	x_{3t}	x_{4t}	x_{5t}	x_{6t}	x_{7t}	x_{8t}	x_{9t}	x_{10t}	x_{11t}	x_{12t}
x_{1t}	1,00	0,61	0,38	0,30	0,03	-0,03	0,40	0,11	0,00	-0,02	0,02	-0,07
x_{2t}	0,61	1,00	0,58	0,32	0,01	-0,09	0,12	0,11	0,00	0,13	0,05	-0,06
x_{3t}	0,38	0,58	1,00	0,54	-0,06	-0,08	0,11	0,03	0,05	-0,08	0,10	-0,03
x_{4t}	0,30	0,32	0,54	1,00	0,04	-0,11	0,03	-0,04	-0,02	-0,09	0,08	-0,04
x_{5t}	0,03	0,01	-0,06	0,04	1,00	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	0,03	-0,08	0,18
x_{6t}	-0,03	-0,09	-0,08	-0,11	-0,08	1,00	-0,02	-0,02	-0,04	-0,05	-0,02	-0,01
x_{7t}	0,40	0,12	0,11	0,03	-0,08	-0,02	1,00	-0,02	-0,04	-0,05	-0,02	-0,01
x_{8t}	0,11	0,11	0,03	-0,04	-0,08	-0,02	-0,02	1,00	-0,04	-0,05	-0,02	-0,01
x_{9t}	0,00	0,00	0,05	-0,02	-0,07	-0,04	-0,04	-0,04	1,00	-0,10	0,22	0,34
x_{10t}	-0,02	0,13	-0,08	-0,09	0,03	-0,05	-0,05	-0,05	-0,10	1,00	-0,05	-0,03
x_{11t}	0,02	0,05	0,10	0,08	-0,08	-0,02	-0,02	-0,02	0,22	-0,05	1,00	-0,01
x_{12t}	-0,07	-0,06	-0,03	-0,04	0,18	-0,01	-0,01	-0,01	0,34	-0,03	-0,01	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Se puede inferir que existe una alta correlación entre las variables x_{2t} y x_{3t} , es decir las ventas con un desfase de dos y tres periodos, con las demás variables explicativas. Luego se decide no considerarlas dentro de la estimación lo que da como resultado el test de significancia mostrado en la tabla N°3.

Tabla N°3: Coeficientes del modelo

Oeste	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
(Constante)	30,982	12,502		2,478	0,015
x_{1t}	0,618	0,047	0,576	13,25	0,000
x_{4t}	0,166	0,047	0,141	3,533	0,001
x_{5t}	27,799	9,352	0,115	2,972	0,004
x_{6t}	207,170	27,855	0,280	7,438	0,000
x_{7t}	236,501	30,475	0,320	7,761	0,000
x_{8t}	241,520	28,026	0,327	8,618	0,000
x_{9t}	-24,627	15,814	-0,065	-1,557	0,123
x_{10t}	36,894	12,463	0,112	2,960	0,004
x_{11t}	-56,280	28,452	-0,076	-1,978	0,051
x_{12t}	-19,207	42,517	-,018	-,452	,653

Fuente: Elaboración propia.

El criterio para considerar los coeficientes significativos es el t-estadístico, para lo cual se verifica que al tener un criterio de significancia de un 95% el p-valor equivalente es de 0,05 y por tanto valores menores permiten rechazar la hipótesis y por lo tanto concluir que la variable es relevante para el modelo. De las variables antes mencionadas todas son significativas a excepción de x_{9t} y x_{12t} , por lo que para el pronóstico del local Oeste no son utilizadas. Entonces el modelo econométrico obtenido tiene la siguiente forma:

$$y_t = \text{Constante} + 0,62 * x_{1t} + 0,17 * x_{4t} + 27,80 * x_{5t} + 207,17 * x_{6t} + 236,5 * x_{7t} + 241,52 * x_{8t} + 36,89 * x_{10t} - 56,280 * x_{11t} \quad [\text{Ecuación 10}]$$

Lo cual entrega un MAPE promedio ponderado del ajuste igual a 21,8% y el modelo logra capturar un 86% de la varianza de los datos, lo que equivale a un “R² corregido” con este valor.

El paso que viene es pronosticar las ventas futuras de los meses enero a mayo del año 2011 considerando que una venta es una boleta, lo que corresponde a 22 semanas. Los resultados obtenidos para el local Oeste se pueden ver en la tabla N°4. (Ver anexo N°6 con los errores porcentuales absolutos medios del pronóstico de los once locales faltantes.)

Tabla N°4: Resultados del modelo para el local Oeste

Semana	Venta Real 2011	Pronóstico 2011	MAPE (%)	Diferencia Real-Pronóstico	Diferencia absoluta
1	458	468,2	2,2	-10,2	10,2
2	388	424,2	9,3	-36,2	36,2
3	418	420,6	0,6	-2,6	2,6
4	442	417,6	5,5	24,4	24,4
5	421	366,8	12,9	54,2	54,2
6	370	328,1	11,3	41,9	41,9
7	284	247,4	12,9	36,6	36,6
8	286	253,2	11,5	32,8	32,8
9	319	276,2	13,4	42,8	42,8
10	289	256,2	11,3	32,8	32,8
11	215	230,4	7,2	-15,4	15,4
12	220	215,4	2,1	4,6	4,6
13	275	237,8	13,5	37,2	37,2
14	263	220,5	16,2	42,5	42,5
15	221	205,5	7	15,5	15,5
16	224	206,03	8	17,97	17,97
17	200	200,9	0,5	-0,9	0,9
18	478	398,9	16,5	79,1	79,1
19	268	311,6	16,3	-43,6	43,6
20	215	294,6	37,1	-79,6	79,6
21	255	246,4	3,4	8,6	8,6
22	317	277,3	12,5	39,7	39,7
Promedio ponderado			10,2	MAD	31,8

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene un MAPE promedio ponderado con las ventas reales igual a 10,2% lo que indica que el pronóstico es capaz de predecir las ventas reales teniendo en promedio un error aproximado de 32 boletas por semana lo que es equivalente a 5 boletas por día considerando que el local trabaja siete días a la semana, lo que a su vez no alcanza a ser un error por hora debido a que la tienda trabaja 12 horas por día. Para entender el comportamiento del error se sabe que un 32% de las semanas tienen un pronóstico mayor al real para este local con un promedio de 27 errores por semana y el 68% de los casos estima menores ventas que las reales con un promedio de 34 errores por semana. El pronóstico de las ventas se puede ver gráficamente en la Ilustración N°3 donde se contrasta con las ventas reales.

Ilustración N°3: Pronóstico de la regresión versus ventas reales para enero a mayo 2011



Fuente: Elaboración propia.

Para entender el comportamiento global de la estimación de demanda se muestran los tres principales resultados obtenidos para los doce locales en estudio en la tabla N°5, primero los R^2 ajustados arrojados por la regresión, segundo el MAPE promedio ponderado del pronóstico para las primeras 22 semanas del año 2011 y del ajuste del modelo considerando las ventas semanales de los años 2009 y 2010, y finalmente el estudio de los errores del modelo para cada local.

Tabla N°5: Resumen resultados regresión lineal de locales en estudio

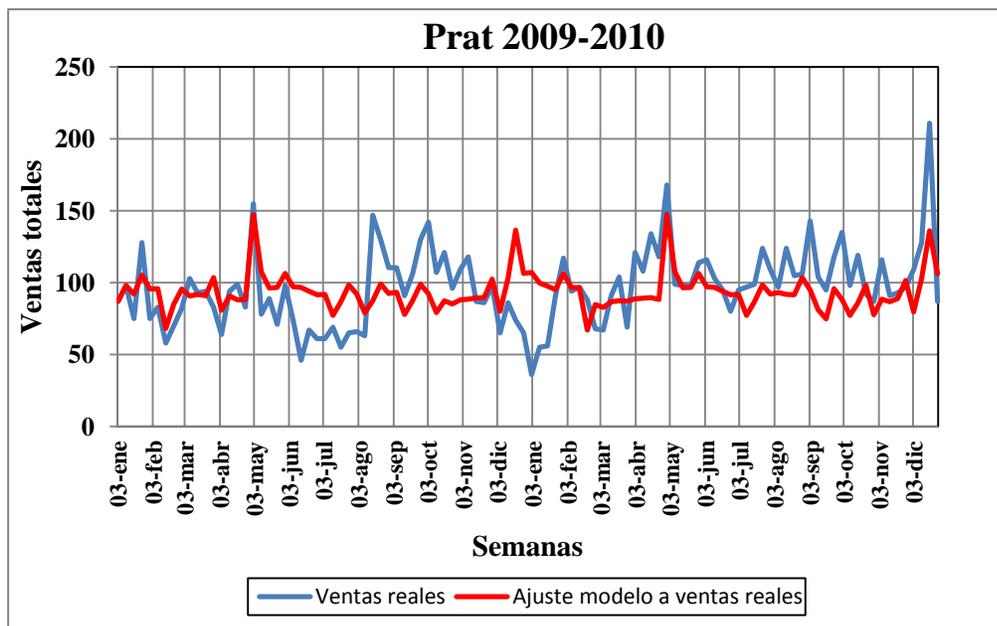
Local	R^2 Ajustado	MAPE promedio ponderado (%)		Subestimación		Sobreestimación	
		Pronostico	Ajuste	Porcentaje	Promedio	Porcentaje	Promedio
Bulnes	0,71	14,9	12,5	0,5	34,2	0,5	-25,8
Prat	0,42	25,1	20,6	0,7	40	0,3	-17,1
Matte	0,83	10,4	10,5	0,6	51,3	0,4	-18,5
Norte	0,83	16,4	13,8	0,5	30	0,5	-29,1
Oeste	0,86	10,2	21,8	0,7	15,7	0,3	-30
Vespucio	0,83	11,2	16,2	0,6	36,6	0,4	-23,2
Tobalaba	0,86	16,2	12,6	0,5	34,2	0,5	-25,8
Moneda	0,7	14,7	15	0,7	40	0,3	-17,1
Cousiño	0,76	9,4	16,2	0,6	51,3	0,4	-18,5
Quilín	0,84	15,3	8,5	0,5	30	0,5	-29,1
Apumanque	0,66	9,5	13,7	0,7	15,7	0,3	-30
Maipú	0,86	13,9	10,8	0,6	36,6	0,4	-23,2

Fuente: Elaboración propia.

Si se analizan los errores, se puede ver que todos los locales están subestimando las ventas de la mayoría de las semanas, dándose cuatro casos en que el porcentaje de subestimación iguala al de sobreestimación. Por ejemplo, el local Matte un 60% de las semanas sobreestima los datos reales en promedio con 51,3 boletas y el 40% de las semanas subestima las ventas reales con un promedio de 18 boletas.

El local Prat es el que posee un mayor MAPE promedio ponderado del pronóstico, alejándose un 8,7% del siguiente promedio más alto que corresponde al local Norte. Para entender el caso de la tienda Prat se analizan las ventas reales respecto del ajuste del modelo, de esto se puede determinar que el modelo no logra captar movimientos en las ventas en ciertas semanas, las alzas y bajas son eventos puntuales que no se aprecian en los demás locales por lo que se requerirá incluir variables dependientes adicionales para lograr un mejor pronóstico en el futuro. En la Ilustración N°4, que contrasta las ventas y el ajuste del modelo para los años 2009 y 2010, se puede apreciar lo mencionado anteriormente.

Ilustración N°4: Ajuste del modelo con los datos históricos utilizados



Fuente: Elaboración propia.

10.1.3 Análisis de sensibilidad

Se analizan dos escenarios para el pronóstico realizado con regresión lineal, esto a modo de incorporar un alza y baja de un 10% en el pronóstico y conocer el comportamiento del error absoluto medio (MAPE) de estos valores frente a las ventas reales. En la Tabla N°6 se pueden apreciar numéricamente estos escenarios donde se refleja que el menor error se da en un 50% de las ocasiones en el techo superior, es decir cuando el pronóstico se aumenta un 10%. Luego de esto se recomienda a la empresa utilizar un stock de emergencia en todos los locales en que ocurre lo anterior, ya que permite disminuir las posibilidades de que el pronóstico quede bajo las ventas reales. Para los demás locales se recomienda mantener los resultados del pronóstico ya que disminuirlo podría significar una mala estimación de personal y por tanto demanda insatisfecha,

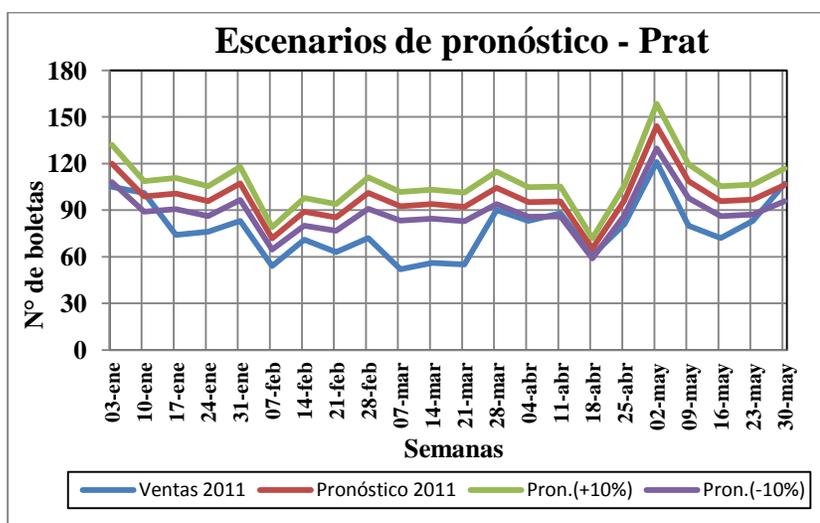
dentro de estos locales se destaca el caso Prat que se puede ver en la Ilustración N°5, donde la mejora del MAPE es considerablemente mayor al resto, luego el pronóstico de este local se encuentra sobreajustado y no tiene la necesidad de aumentar el pronóstico.

Tabla N°6: MAPE para escenarios de pronósticos

Local	Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)			
	Pronóstico	Pronóstico (+10%)	Pronóstico (-10%)	Diferencia absoluta caso base frente a mejor escenario
Bulnes	14,9	18,3	14,5	0,4
Prat	25,1	37,3	15,5	9,6
Matte	10,4	10,8	14,6	0
Norte	16,4	11,4	23,9	5
Oeste	10,2	9,3	16,1	0,9
Vespucio	11,2	8,3	19,9	2,9
Tobalaba	16,2	17	18,7	0
Moneda	14,7	11,7	20,5	3
Cousiño	9,4	8,9	16,1	0,5
Quilín	15,3	18,4	15,9	0
Apumanque	9,5	10,9	14	0
Maipú	13,9	11,9	18,3	2

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración N°5: Comportamiento del pronóstico del local Prat frente a escenarios



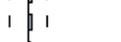
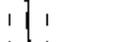
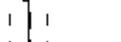
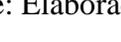
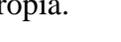
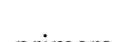
Fuente: Elaboración propia.

10.2 Series de tiempo

Para el estudio de las series de tiempo se analizan algunos test que permiten encontrar de manera más rápida el mejor pronóstico. A modo de ejemplo se muestra el procedimiento utilizado en la tienda Tobalaba a partir de los resultados obtenidos con el software EVIEWS.

En primer lugar se estudia el correlograma de cada una de las series para ver la rapidez con que la autocorrelación tiende a cero. En caso que esta tendencia sea lenta se tiene una primera intuición de que la serie no es estacionaria, en cambio si ocurre lo contrario es una señal de estacionalidad en los datos. Luego de este análisis se puede ver que todas son intuitivamente estacionarias, para el caso de Vespucio como se muestra en la Ilustración N°6, la autocorrelación para los primeros 10 rezagos tiene una tendencia rápida hacia cero por lo que se tiene una primera intuición de estacionalidad de la serie.

Ilustración N°6: Correlograma del local Vespucio

Sample: 2/01/2009 30/12/2010 Included observations: 104						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.317	0.317	10.727	0.001
		2	0.038	-0.069	10.886	0.004
		3	0.030	0.043	10.983	0.012
		4	0.033	0.014	11.101	0.025
		5	0.011	-0.004	11.115	0.049
		6	-0.036	-0.042	11.258	0.081
		7	-0.012	0.013	11.275	0.127
		8	0.019	0.019	11.317	0.184
		9	-0.068	-0.089	11.858	0.221
		10	-0.077	-0.027	12.558	0.249

Fuente: Elaboración propia.

Para confirmar esta primera intuición se aplica el Test Dickey-Fuller Aumentado, el cual compara el valor del estadístico t con los valores críticos para 1%, 5% y 10%. En caso que el test, en valor absoluto, sea menor a los criterios se rechaza la hipótesis de existencia de una raíz unitaria, esto quiere decir que la serie no es estacionaria y en caso contrario se deduce que la serie es estacionaria. Para el caso de Vespucio, como se puede ver en la tabla N°7, el valor del estadístico t es mayor que los criterios para todos los niveles por lo que la serie es estacionaria independiente del nivel que se desee considerar. Para el estudio de esta memoria se utiliza un nivel de un 1% como indicador de estacionalidad pero dado que todos los locales poseen un valor menor al criterio de este nivel, se concluye que son todos estacionarios.

Tabla N°7: Test Dickey-Fuller Aumentado Vespucio

Null Hypothesis: VESPUCIO has a unit root		
	t-Statistic	Prob.
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.9	0.003
Test criticalvalues:	1% level	-3.5
	5% level	-2.9
	10% level	-2.6

Fuente: Elaboración propia.

En el caso que la serie no sea estacionaria se debe aplicar las diferencias necesarias hasta que la serie se vuelva estacionaria, es decir se deberá aplicar el test para cada diferencia hasta encontrar que el estadístico t sea mayor que el nivel de criterio buscado.

Finalmente se aplican las series ARMA y ARMAX para todos los locales. El valor MAPE está calculado una vez realizados los pronósticos de las primeras 22 semanas del año 2011. Las tablas N°8 y N°9 muestran los mejores resultados obtenidos, de las series de tiempo ARMA y ARMAX respectivamente, para cada local se emplea como parámetro de comparación el error estándar, el R-cuadrado ajustado y el criterio de Schwarz. Luego es importante saber que significa cada uno:

- Error estándar: Indica el error estándar del modelo calibrándolo con los datos reales.
- R-cuadrado ajustado: Muestra el porcentaje de la varianza que explica el modelo considerando el tamaño del conjunto de datos, lo que justifica su leve baja respecto del R-cuadrado.
- Criterio de Schwarz: Indica la capacidad del modelo de reproducir los datos ya observados, esto utilizando la varianza residual y el número de parámetros en el modelo.

Tabla N°8: Resultados Serie de tiempo ARMA

ARMA	Tipo	R ² ajustado	Error estándar	Criterio Schwarz	MAPE pronóstico (%)
Bulnes	(3,4)	0,36	67,1	11,6	17,4
Prat	(4,4)	0,25	23,4	9,4	34,8
Matte	(3,4)	0,21	66,6	11,6	18,2
Norte	(0,0)	0,35	42,8	10,7	24
Oeste	(4,3)	0,6	65,5	11,3	33,7
Vespucio	(4,3)	0,66	63,9	11,5	26,7
Tobalaba	(0,0)	0,33	49,2	10,9	24,2
Moneda	(3,4)	0,26	47,5	10,9	17,9
Cousiño	(3,3)	0,29	71,2	11,7	21,6
Quilín	(0,0)	0,26	46,4	10,8	18,5
Apumanque	(2,2)	0,54	34,5	10,2	16,7
Maipú	(2,4)	0,24	63,5	11,5	19,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°9: Resultados Serie de tiempo ARMAX

ARMAX	Tipo	R ² ajustado	Error estándar	Schwarz	MAPE pronóstico (%)	Variables
Bulnes	(4,4,6)	0,73	43,2	10,9	18,3	X _{6t} , X _{9t} , X _{11t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{12t}
Prat	(4,4,3)	0,49	19,3	9,3	29,9	X _{6t} , X _{7t} , X _{9t}
Matte	(0,0,6)	0,83	31,1	10,3	17,5	X _{5t} , X _{6t} , X _{9t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{12t}
Norte	(4,1,7)	0,83	22,2	9,6	34,9	X _{5t} , X _{6t} , X _{9t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{11t} , X _{12t}
Oeste	(0,0,6)	0,92	29,6	10,2	27,9	X _{5t} , X _{6t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{9t} , X _{11t}
Vespucio	(3,3,6)	0,87	38,8	10,7	23,3	X _{6t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{9t} , X _{11t} , X _{12t}
Tobalaba	(4,3,7)	0,87	21,5	9,5	26,8	X _{5t} , X _{6t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{9t} , X _{11t} , X _{12t}
Moneda	(0,0,6)	0,67	31,4	10,3	27,9	X _{5t} , X _{6t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{9t} , X _{12t}
Cousiño	(4,3,5)	0,69	46,9	11,1	23	X _{5t} , X _{6t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{9t}
Quilín	(4,4,4)	0,82	22,9	9,7	19,9	X _{6t} , X _{8t} , X _{9t} , X _{11t}
Apumanque	(4,3,4)	0,69	28,3	10,1	18,1	X _{6t} , X _{8t} , X _{9t} , X _{11t}
Maipú	(4,2,5)	0,82	30,8	10,3	21,7	X _{5t} , X _{6t} , X _{7t} , X _{8t} , X _{11t}

Fuente: Elaboración propia.

La serie de tiempo ARMA no logra capturar parte importante de la varianza de los datos ya que su R² está en promedio en un 0,36, además de esto existe locales de tipo (0,0), es decir, ninguna de las variables logra ser significativa de acuerdo al criterio del t-estadístico. Por otro lado la serie de tiempo ARMAX no mejora en todos los casos los errores de pronóstico aunque sí los demás parámetros como error del modelo en relación los datos reales utilizados, esto indica que las variables explicativas no están alineadas en todos los locales con las demás variables autorregresivas y medias móviles. Finalmente comparando los modelos se opta por realizar los

pronósticos a través de la regresión lineal, ya que para todos los locales entrega menor error en el pronóstico realizado versus los datos reales, este fue el principal criterio de exclusión.

11. DESAGREGACIÓN DE DEMANDA ESTIMADA

Una vez pronosticadas las ventas semanales es importante desagregar la información hasta obtener las ventas por hora para cada día de un local, ya que para la aplicación de los modelos se necesitan estos datos como entrada. Se analizaron las ventas del año 2010 y se aplica en dos etapas, una desagregación diaria y una por hora.

11.1 Desagregación diaria

En este capítulo el objetivo fundamental es saber cómo se comportan las proporciones de ventas de cada día dentro de una semana, por lo que primeramente es necesario conocer las desviaciones de estas proporciones con las 52 semanas en análisis. A través de la tabla N°10 se puede visualizar que todas las desviaciones resultan menores a 6, por lo que se supone que el comportamiento durante todos los lunes del mes es similar en relación a las ventas totales de la semana, lo mismo con los demás días y considerando todas las semanas del mes. Para las semanas con feriados se realiza un análisis más minucioso considerando los comportamientos pasados. (Ver anexo N°7)

Tabla N°10: Desviaciones de proporciones de ventas diarias para cada local

Desviación	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bulnes	2,90	3,01	2,45	3,36	3,69	2,92	
Prat	5,33	4,54	4,64	5,21	4,78	4,83	
Matte	2,57	2,88	3,03	3,28	4,38	2,77	
Norte	3,03	3,71	3,48	3,75	4,40	5,07	4,30
Oeste	3,30	2,67	2,63	2,41	4,00	4,97	4,30
Vespucio	3,34	2,54	2,45	3,01	2,48	3,89	2,95
Tobalaba	3,13	2,65	3,62	2,75	2,96	5,49	3,92
Moneda	4,08	3,04	3,10	3,59	4,39		
Cousiño	2,78	3,26	3,44	3,42	3,67	2,46	
Quilín	2,77	2,11	3,13	3,21	2,51	4,53	3,12
Apumanque	3,62	2,97	2,81	2,72	2,88	3,62	3,51
Maipú	2,83	3,42	3,31	2,62	4,15	5,59	3,96

Fuente: Elaboración propia.

Una vez concluido que las ventas tienen distribuciones similares durante la semana se calcula la desagregación diaria a partir del promedio de ventas por día incluyendo las 52 semanas del año 2010. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla N°11.

Tabla N° 11: Proporciones diarias para la primera desagregación de las ventas semanales

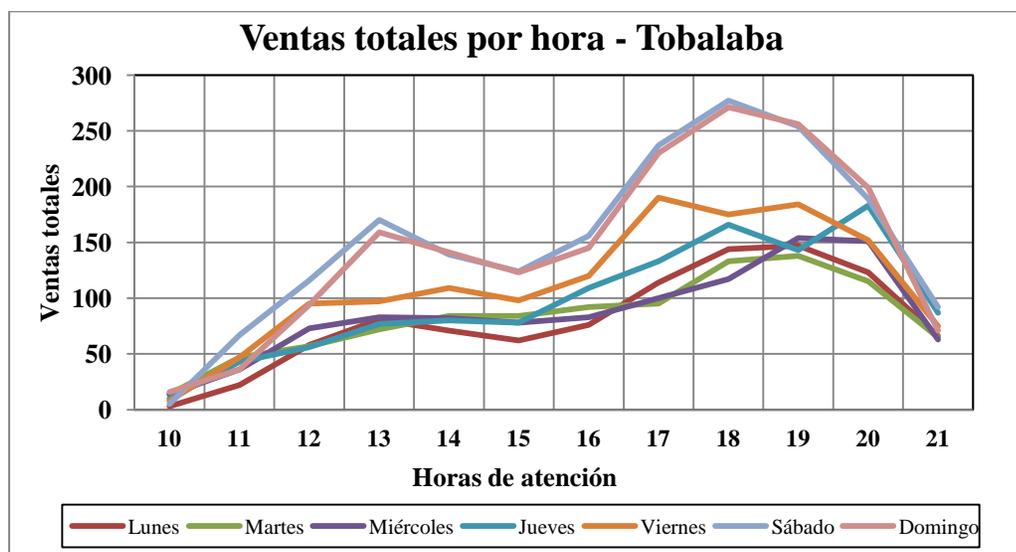
Proporción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bulnes	0,16	0,17	0,17	0,18	0,20	0,12	
Prat	0,16	0,14	0,18	0,20	0,19	0,12	
Matte	0,16	0,16	0,18	0,19	0,22	0,09	
Norte	0,10	0,11	0,12	0,12	0,15	0,22	0,19
Oeste	0,10	0,10	0,11	0,12	0,14	0,24	0,21
Vespucio	0,11	0,11	0,12	0,13	0,16	0,22	0,17
Tobalaba	0,11	0,11	0,11	0,11	0,14	0,22	0,20
Moneda	0,15	0,19	0,19	0,22	0,24		
Cousiño	0,17	0,18	0,17	0,19	0,22	0,07	
Quilín	0,10	0,11	0,12	0,12	0,15	0,23	0,16
Apumanque	0,12	0,12	0,13	0,14	0,16	0,19	0,13
Maipú	0,10	0,10	0,11	0,11	0,13	0,24	0,20

Fuente: Elaboración propia.

11.2 Desagregación por hora

Se realiza un estudio similar a la desagregación por día, por lo que se estudia la relación entre las ventas totales por hora de cada día de la semana. Inicialmente se puede intuir que se comportan de manera similar a partir de la Ilustración N°7 que presenta uniformidad entre los días para el local Tobalaba aunque teniendo excepciones el día sábado y domingo.

Ilustración N°7: Ventas totales por hora para local Tobalaba



Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo descrito se estudian las desviaciones de las proporciones de ventas agrupando los días de lunes a domingo y luego de lunes a viernes, con esto se obtienen los resultados de la tabla N°12 que permiten razonar que se debe utilizar una misma desagregación por hora para los días lunes a viernes y una distinta para el fin de semana.

Tabla N°12: Desviación promedio de ventas totales por hora de lunes a domingo y de lunes a viernes

Local	Lunes-Viernes	Lunes-Domingo
Bulnes	2,2	0,6
Prat	3,8	1,1
Matte	2,1	0,7
Norte	1,3	1,4
Oeste	0,9	0,8
Vespucio	0,8	0,6
Tobalaba	1,0	1,0
Moneda	0,9	0,9
Cousiño	2,3	0,7
Quilín	0,9	0,9
Apumanque	1,2	0,9
Maipú	1,2	1,0

Fuente: Elaboración propia.

Luego de este análisis se obtienen en la tabla N°13 las proporciones finales para la desagregación por hora de los locales Cousiño y Tobalaba.

Tabla N°13: Proporción de ventas de locales Cousiño y Tobalaba para la segunda desagregación de ventas

Cousiño	Lunes-Viernes	Sábado	Domingo	Tobalaba	Lunes-Viernes	Sábado	Domingo
9	0,01			10	0,01	0,00	0,01
10	0,04	0,01		11	0,04	0,04	0,02
11	0,07	0,13		12	0,06	0,06	0,05
12	0,09	0,24		13	0,07	0,09	0,09
13	0,12	0,31		14	0,08	0,08	0,08
14	0,15	0,22		15	0,07	0,07	0,07
15	0,10	0,08		16	0,09	0,09	0,08
16	0,08			17	0,11	0,13	0,13
17	0,09			18	0,13	0,15	0,16
18	0,12			19	0,14	0,14	0,15
19	0,13			20	0,13	0,10	0,11
				21	0,06	0,05	0,04

Fuente: Elaboración propia.

12. CARGA DE TRABAJO

12.1 Presentación de la formulación [7]

Una vez estimada la demanda es necesario conocer a cuanto carga de trabajo por hora corresponde, para lo cual se estructuró una ecuación en donde se consideraran los procesos relevantes a los que los vendedoras dedicaban tiempo diariamente, finalmente se obtuvo la siguiente fórmula:

$$C_{htl} = \sum_j X_{htl} * T_j * P_j + \frac{(1 - \alpha_l)}{\alpha_l} * X_{htl} * TN_l + TO_l \quad \forall h, t, l \quad [\text{Ecuación 11}]$$

Donde:

X_{htl} = Demanda estimada para la hora h del día t en el local l.

T_{jl} = Tiempo de atención para una boleta tipo j en el local l.

P_{jl} = Porcentaje de boletas tipo j en el local l.

α_l = Porcentaje de personas que compran del total que entran al local l.

TN_l = Tiempo promedio en atender a una persona que entra pero no compra en el local l.

TO_l = Tiempo promedio por hora destinado a ordenar el local l.

Cada uno de los parámetros antes mencionados son explicados en detalle en los siguientes subcapítulos.

12.1.1 Probabilidades de compra

Se utilizan las probabilidades calculadas por la empresa en base a un estudio realizado en mayo del año 2010 a través del contraste entre las boletas vendidas y la cantidad de personas que entran a la tienda, éstas se pueden observar en la Tabla N°14.

Tabla N°14: Probabilidades de compra para cada local.

Local	Probabilidad (%)
Bulnes	24,1
Prat	24,1
Matte	24,1
Norte	33,3
Oeste	33,3
Vespucio	27,5
Tobalaba	27,5
Moneda	24,1
Cousiño	24,1
Quilín	24,8
Apumanque	24,8
Maipú	33,3

Fuente: Estudio memoria Metodología para optimizar dotación de personal en tiendas de especialidad, 2010. [7]

12.1.2 Porcentajes de tipos de boletas

Se calculan la proporción de compras según tipo de boletas, existen 5 tipos de boletas:

- Boleta 1: Boletas de un producto
- Boleta 2: Boletas de dos productos
- Boleta 3: Boletas de tres productos
- Boleta 4: Boletas de cuatro productos
- Boleta 5: Boletas de 5 o más productos

Para cada local se analizan las proporciones utilizando las ventas transaccionales del año 2010 con lo cual se obtienen los resultados mostrados en la tabla N°15. La finalidad de conocer los tipos de boletas es entender el comportamiento de los clientes frente a ellas ya sea en el proceso de selección, probado y pago, y así poder aproximar los tiempos de atención y proporción en ventas de cada tipo de boleta.

Tabla N°15: Proporciones de ventas según tipo de boletas

Local\Tipo de boleta	Boleta 1	Boleta2	Boleta 3	Boleta 5	Boleta 5
Marathon	0,30	0,28	0,12	0,10	0,20
Bulnes	0,49	0,30	0,09	0,05	0,07
Prat	0,29	0,26	0,13	0,10	0,23
Matte	0,41	0,29	0,11	0,08	0,12
Norte	0,38	0,31	0,11	0,08	0,11
Oeste	0,41	0,31	0,10	0,07	0,10
Vespucio	0,43	0,33	0,10	0,07	0,08
Tobalaba	0,40	0,31	0,11	0,07	0,11
Moneda	0,37	0,28	0,11	0,09	0,15
Cousiño	0,42	0,29	0,11	0,07	0,11
Quilín	0,41	0,28	0,12	0,08	0,12
Apumanque	0,42	0,29	0,11	0,07	0,11
Maipú	0,43	0,31	0,10	0,07	0,09

Fuente: Elaboración propia.

12.1.3. Tiempos de atención por tipo de boleta

De acuerdo a un estudio realizado por la empresa [7] durante el año 2010 se utilizarán los tiempos esperados de atención dependiendo del tipo de boleta que tenga el cliente, estos valores se muestran en la tabla N°16.

Tabla N°16: Minutos destinados por tipo de boleta

	Boleta 1	Boleta 2	Boleta 3	Boleta 4	Boleta 5
Marathon	8,6	10,6	14,1	16,2	22,9
Bulnes	8,7	11,9	13,1	17,7	20,5
Prat	8,7	11,9	13,1	17,7	20,5
Matte	8,7	11,9	13,1	17,7	20,5
Norte	6,8	8,0	8,8	10,6	13,0
Oeste	6,8	8,0	8,8	10,6	13,0
Vespucio	8,6	10,6	14,1	16,2	22,9
Tobalaba	8,6	10,6	14,1	16,2	22,9
Moneda	8,7	11,9	13,1	17,7	22,9
Cousiño	8,7	11,9	13,1	17,7	20,5
Quilín	8,6	10,6	14,1	16,2	22,9
Apumanque	8,8	13,3	14,6	15,7	22,3
Maipú	6,8	8,0	8,8	10,6	13,0

Fuente: Elaboración propia.

12.1.4. Tiempo en ordenar

Se considera que por cada persona que entra a la tienda y compra algún producto se debe destinar 30 segundos en ordenar las prendas que puede haber tomado, luego este número de productos estará determinado por el tipo de boleta, en otras palabras, por el número de productos comprados.

Para el caso de los no compradores se utilizan los datos de un estudio realizado por la empresa [7] indicándose el tiempo promedio destinado a quienes entran a la tienda pero no compran, estos valores dependerán del local y corresponden a los mostrados en la tabla N°17.

Tabla N°17: Minutos promedio destinados a no compradores por local

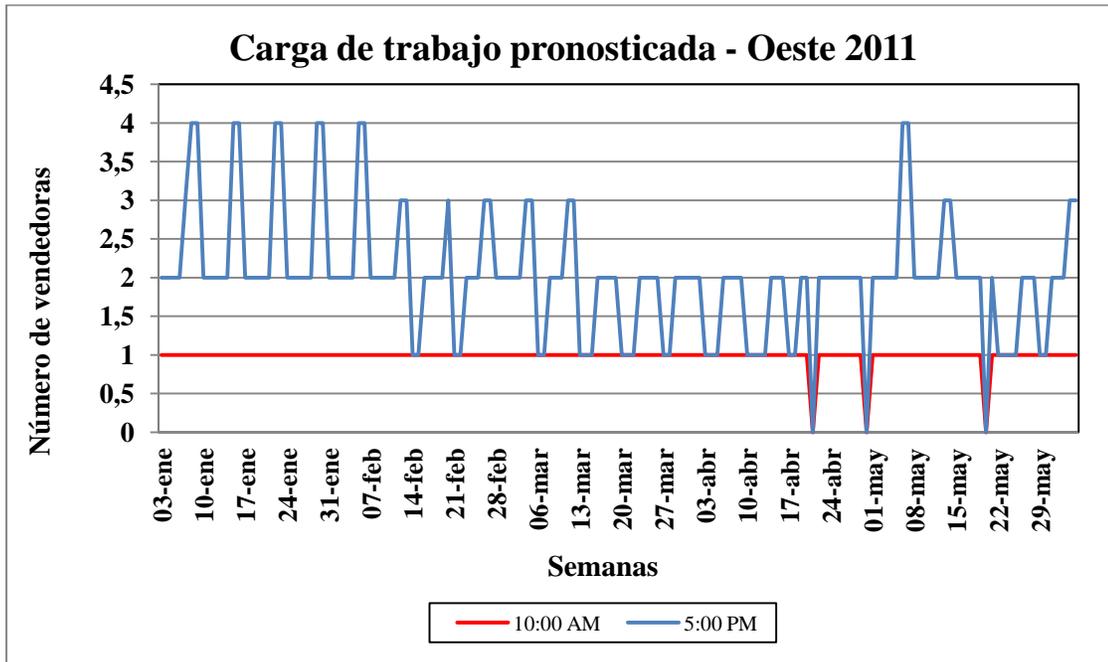
No compradores	Minutos
Marathon	2,83
Bulnes	2,50
Prat	2,50
Matte	2,50
Norte	3,55
Oeste	3,55
Vespucio	2,83
Tobalaba	2,83
Moneda	2,50
Cousño	2,50
Quilín	2,83
Apumanque	3,26
Maipú	3,55

Fuente: Elaboración propia.

12.2. Resultados obtenidos

Considerando la información antes mencionada se obtienen como resultado la carga de trabajo por hora para cada una de las 22 semanas pronosticadas de los 12 locales (ver anexo N°8), con la carga de trabajo pronosticada para la semana 18 del año 2011) a modo de ejemplo se muestra en la Ilustración N°8 el caso del local Oeste. (Ver anexo N°9 con la distribución de la carga de trabajo para los locales Oeste y Moneda)

Ilustración N°8: Carga de trabajo diaria pronosticada para Oeste de enero a mayo 2011 a las 10 am y 5 pm



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver, el comportamiento de la carga de trabajo depende de la hora y el local que se analice, en este caso el local Oeste está ubicado en centros comerciales donde se presenta un aumento en las ventas los días de fin de semana, por otra parte a las 10 am el local está comenzando a atender y no presenta altas ventas resultando en un requerimiento de personal que se mantiene constante y bajo, bordeando la necesidad de sólo una persona, si se analiza las 5 pm se puede ver que se necesita un número bastante mayor de vendedoras debido a que se produce un claro aumento de las ventas. En términos generales el local presenta un alza a comienzo de año causado por una mezcla del efecto navidad y con ello cambios de productos y por otra parte el inicio del periodo de vacaciones donde aumenta la venta de trajes de baño y productos relacionados. Otro efecto importante de notar es la semana 18, donde ocurre el día de la madre por lo que las ventas aumentan duplicándose el requerimiento de personal a diferencia de las semanas 7 y 8 donde se aprecia la baja en las ventas debido al efecto fin de febrero mencionado en las variables independientes de los modelos predictivos de demanda utilizados.

Estos valores, obtenidos para cada hora y local, a partir del pronóstico de demanda serán los input para los modelo de programación lineal necesarios para asignar y calendarizar la fuerza de venta de estas tiendas de especialidad.

13. MODELO MENSUAL POR LOCAL

13.1. Descripción del modelo

Se muestra el modelamiento de la asignación y calendarización de turnos para doce locales pertenecientes a un retailer especialista. El problema se resuelve mediante programación lineal entera, es decir, sus variables pueden ser binarias o enteras y los input utilizados son principalmente la carga de trabajo por local y la información operativa de cada tienda en cuando a horas de atención al cliente, límites de horas de almuerzo, entre otras. Para programar el código del modelo se utiliza el software GAMS usando como solver CPLEX al cual se le indica que el tipo de problema es entero MIP. El periodo en estudio corresponderá a un mes y su criterio de finalización es de un GAP igual a 1%, es decir, el programa se detiene cuando encuentra una solución factible con un valor objetivo distante en un 1% a la mejor solución encontrada. Las características generales del modelo se presentan en la tabla N°18.

Tabla N°18: Descripción del modelo por local

Descripción modelo por local	
Tipo de problema	MIP
Nivel de estudio (diario)	28
Restricciones	22
Índices	5
Variables	10
Tiempo de resolución GAMS (seg)	30
Criterio de finalización (%)	1

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros utilizados para cada local dependen exclusivamente del tipo de local al que pertenecen, la explicación de esto se muestra a continuación:

Local tipo 1: Locales ubicados en centros comerciales que atienden todos los días de la semana. En este caso el contrato full time consiste en jornadas de nueve horas diarias con una hora destinada al almuerzo. Cada vendedora debe tener dos días libres semanales, es decir, un total de ocho días libres mensuales debiendo ser dos de ellos domingo. Suelen trabajar los días feriados a excepción de los que son irrenunciables por ley.

Local tipo 2: Son locales que atienden de lunes a sábado. En este caso el contrato full time consiste en jornadas laborales de ocho horas diarias con una hora destinada al almuerzo para los días lunes a viernes, y para el día sábado la jornada se reduce a cinco horas diarias sin incluir almuerzo. Cada vendedora tiene todos los domingos libres trabajando de lunes a sábado y durante todos los feriados los locales permanecen cerrados.

Local tipo 3: Son locales que atienden de lunes a viernes. En este caso el contrato full time consiste de nueve horas diarias con una hora destinada al almuerzo. Cada vendedora tendrá los fines de semana libres además de los días feriados que se apliquen durante el año.

13.2. Planteamiento del problema

Se muestra a continuación la estructura general utilizada para cada local considerándose restricciones de almuerzo, laborales, operacionales, simetría, contratación y despido. Debido al impacto que produce una demanda insatisfecha en relación a las horas ociosas reflejado en los costos que produce \$14.000⁵ versus \$1.500⁶ respectivamente, se decide obligar al modelo a cumplir el 90% de la demanda y por tanto de la carga de trabajo ya que un nivel inferior podría resultar en mayores ineficiencias para la empresa. (Ver anexo N°10)

13.2.1. Índices

- h : Horas del día, $h \in \{1 \dots 13\}$.
- t : Días de la semana, $t \in \{1 \dots 7\}$.
- s : Semanas del mes, $s \in \{1 \dots 4\}$.
- f : Código de vendedoras con contrato full time.
- p : Código de vendedoras con contrato part time.

13.2.2. Parámetros

- $Carga_{hts}$: Carga de trabajo de la tienda en estudio a la hora h del día t de la semana s.
- $Costohoraociosa$: Costo por hora en que la carga de trabajo del local es inferior a las horas trabajadas por las vendedoras.
- $Inicioatencion$: Hora en que el local en estudio comienza a atender clientes.
- $Terminoatencion$: Hora en que el local en estudio termina de atender clientes.
- $Inicioalmuerzo$: Hora en que comienza el bloque de almuerzo, 12 pm.
- $Terminoalmuerzo$: Hora en que termina el bloque de almuerzo, 17 pm. Es decir el último bloque de almuerzo puede ser asignado desde las 16 pm a las 17 pm. Estos valores se mantienen constante para todos los locales.
- $Turnopart_t$: Duración de los turnos part time en el día t para el local en estudio.

⁵ Calculado a partir del ticket promedio de las tiendas en estudio entre el periodo enero a septiembre 2011.

⁶ Calculado considerando el mayor valor bruto de la hora hombre en la empresa, que corresponde a un contrato part time.

- **Costoturnopartsemana:** Costo del turno establecido para el local analizado durante los días lunes a viernes. Si la duración corresponde a tres horas el costo es de \$4200 y si es de cuatro horas corresponde a \$5700. Estos valores fueron otorgados por la empresa estando bajo el marco legal.
- **Costoturnopartfinsemana:** Costo del turno establecido para el local durante los días sábado y domingo. Si la duración corresponde a tres horas su costo es de \$4200, si es de cuatro horas corresponde a \$5700, si es de 7 horas es \$10.500 y finalmente si es de 8 horas su costo será de \$12.000. Estos valores fueron otorgados por la empresa estando bajo el marco legal.
- **Mínimopartsemana:** Mínimo de horas semanales que una vendedora part time puede trabajar.
- **Máximopartsemana:** Máximo de horas semanales que una vendedora part time puede trabajar. Estos valores se mantienen constantes para todos los locales.
- **Costohoraociosa:** Costo por cada hora ociosa generada luego de la asignación del modelo.
- **Costodespidofull:** Costo de despido de una vendedora full time, se calcula con una aproximación de una antigüedad de dos años.
- **Costocontrato:** Costo de contratación de un personal full time o part time, el cual considera costo de entrevistas y vestuario.
- **Salariofull:** Costo mensual correspondiente al salario bruto de una vendedora full time.
- **Turnofullsemana:** Duración de los turnos full time para cada local durante los días de lunes a viernes.
- **Turnofullfinsemana:** Duración de los turnos full time para cada local durante los días sábado y domingo.
- **Domingocerrado:** Indicador de si el local atiende los días domingos. Corresponde a 0 cuando el local no abre el día domingo y es 1 cuando ocurre lo contrario.
- **Sábadocerrado:** Indicador de si el local atiende los días sábados. Corresponde a 0 cuando el local no abre el día sábado y es 1 cuando ocurre lo contrario.
- **Almfinsemanafull:** Indicador de si les corresponde hora de almuerzo a las vendedoras full time el fin de semana, esto dependerá directamente del tipo de local. Tomará el valor 1 cuando le corresponda almuerzo en los turnos de fin de semana.
- **Díassemanafull:** Número de días semanales que una vendedora full time debe trabajar.

- **Díasmesfull:** Número de días mensuales que una vendedora full time debe trabajar.

13.2.3. Variables

a. Variables binarias

$$HAF_{fhts} : \begin{cases} 1 & \text{Si a la vendedora full time de código } f \text{ se le asigna almuerzo} \\ & \text{a la hora } h \text{ del día } t \text{ de la semana } s. \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

$$HEF_{fhts} : \begin{cases} 1 & \text{Si la vendedora full time de código } f \text{ comienza a trabajar} \\ & \text{a la hora } h \text{ del día } t \text{ de la semana } s. \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

$$HEP_{phts} : \begin{cases} 1 & \text{Si la vendedora part time de código } p \text{ comienza a trabajar} \\ & \text{a la hora } h \text{ del día } t \text{ de la semana } s. \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

$$CFM_f : \begin{cases} 1 & \text{Si la vendedora full time de código } f \text{ se asigna para trabajar} \\ & \text{en el local por el periodo en estudio.} \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

$$CPM_p : \begin{cases} 1 & \text{Si la vendedora full time de código } f \text{ se asigna para trabajar} \\ & \text{en el local por el periodo en estudio.} \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

b. Variables enteras:

CF_{hts} : Cantidad de vendedoras full time asignados en la hora h del día t de la semana s .

CP_{hts} : Cantidad de vendedoras part time asignados en la hora h del día t de la semana s .

DFM : Cantidad de vendedoras full time despedidas en el periodo actual.

COFM : Cantidad de vendedoras full time contratadas en el periodo actual.

I_{hts} : Número de horas ociosas resultantes en la hora h del día t de la semana.

13.2.4. Restricciones

a. Restricciones del bloque de almuerzo

Cada vendedora full time poseerá una única hora de almuerzo durante las jornadas laborales con duración mayor a siete horas:

$$\sum_{h=1}^{13} HAF_{fhts} = \sum_{h=1}^{13} HEF_{fhts} \quad \forall t \in \{1 \dots 5\}, s \quad [\text{Rest. 1}]$$

$$\sum_{h=1}^{13} HAF_{fhts} = \sum_{h=1}^{13} HEF_{fhts} * (1 - \text{Domingocerrado}) \quad \forall t \in \{6, 7\}, s \quad [\text{Rest. 2}]$$

La hora de almuerzo se encontrará dentro del rango permitido por la empresa, de 12 am a 16 pm:

$$\sum_{h=1}^{\text{Inicioalmuerzo}} HAF_{fhts} + \sum_{h=\text{Terminoalmuerzo}}^{13} HAF_{fhts} = 0 \quad \forall t, s \quad [\text{Rest. 3}]$$

b. Restricciones laborales

Trabajo semanal en días de vendedoras full time dependiendo del tipo de local:

$$\sum_{t=1}^7 HEF_{fts} = \text{Díassemanafull} * CFM \quad \forall f, s \quad [\text{Rest. 4}]$$

Trabajo mensual en días de vendedoras full time dependiendo del tipo de local:

$$\sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^7 HEF_{fts} = \text{Díasmesfull} * CFM \quad \forall f \quad [\text{Rest. 5}]$$

Entrada única a trabajar por día para vendedoras full time:

$$\sum_h^H HEF_{fhts} \leq 1 \quad \forall f, s, t \quad [\text{Rest. 6}]$$

Una vendedora part time no puede estar realizando más de un turno por hora, luego mientras dure el turno no podrá comenzar un nuevo bloque de trabajo en el local.

$$(1 - HEP_{phts}) \geq \sum_{i=1}^{Turnopeak_t-1} HEP_{p(h+i)ts} \quad \forall h, p, s, t \quad [\text{Rest. 7}]$$

Las vendedoras part time tendrán un mínimo de horas a trabajar por semana:

$$\sum_{t=1}^5 \sum_{h=1}^{13} HEP_{phts} * Turnopeak_t \geq \text{Mínimopeaksemana} * CPM_p \quad \forall p, s \quad [\text{Rest. 8}]$$

Las vendedoras part time tendrán un máximo de horas a trabajar por semana:

$$\sum_{t=1}^5 \sum_{h=1}^{13} HEP_{phts} * Turnopeak_t \leq \text{Máximopeaksemana} * CPM_p \quad \forall p, s \quad [\text{Rest. 9}]$$

c. Restricciones operativas

Durante todas las horas que un local se encuentra atendiendo deberá encontrarse trabajando, como mínimo, una vendedora full time:

$$CF_{hts} \geq 1 \quad \forall h \in \{\text{Inicioatencion}, \text{Terminoatencion}\}, t, s \quad [\text{Rest. 10}]$$

Local cerrado los días domingos:

$$\left(\sum_{h=1}^{13} \sum_{f=1}^F HEF_{fh7s} + \sum_{h=1}^{13} \sum_{p=1}^P HEP_{ph7s} \right) * \text{Domingocerrado} = 0 \quad \forall s \quad [\text{Rest. 11}]$$

Local cerrado los días sábados:

$$\left(\sum_{h=1}^{13} \sum_{f=1}^F HEF_{fh6s} + \sum_{h=1}^{13} \sum_{p=1}^P HEP_{ph6s} \right) * \text{Sábadocerrado} = 0 \quad \forall s \quad [\text{Rest. 12}]$$

Las tiendas no podrán atender personas fuera de los horarios de apertura y cierre de local:

$$\sum_{h=1}^{Inicioatencion} CF_{hts} + CP_{hts} + \sum_{h=Terminoatencion}^{13} CF_{hts} + CP_{hts} = 0 \quad \forall s, t \quad [Rest. 13]$$

Cantidad de vendedoras full time por hora en cada local, dependiendo de su tipo:

$$\sum_f^F \sum_{i=0}^{Turnofullsemana-1} HEF_{f(h-i)ts} - \sum_f^F HAF_{fhts} = CF_{hts} \quad \forall s, h, t \in \{1 \dots 5\} \quad [Rest. 14]$$

$$\sum_f^F \sum_{i=0}^{Turnofullfinsemana-1} HEF_{f(h-i)ts} - \sum_f^F HAF_{fhts} * Almfinsemanafull = CF_{hts} \quad \forall s, h, t \in \{6, 7\} \quad [Rest. 15]$$

Cantidad de vendedoras part time por hora en cada local, dependiendo de su tipo:

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=0}^{Turnopeak_t} HEP_{p(h-i)ts} - \sum_{p=1}^P HAP_{phts} = CP_{hts} \quad \forall s, h, t \quad [Rest. 16]$$

Cada vendedora full time poseerá dos domingos libres al mes como mínimo:

$$\sum_{s=1}^4 \sum_{h=1}^{13} HEF_{fh7s} \leq 2 * CFM_f \quad \forall f \quad [Rest. 17]$$

Cumplimiento de un 90 por ciento de la carga de trabajo:

$$(CF_{hts} + CP_{hts}) \geq 0.9 * CargaTrabajo_{hts} \quad \forall h, t, s \quad [Rest. 18]$$

Horas ociosas obtenidas para cada local:

$$I_{hts} = (CF_{hts} + CP_{hts}) - 0.9 * CargaTrabajo_{hts} \quad \forall h, t, s \quad [Rest. 19]$$

d. Restricciones de contratación y despido

Conservación de flujo de contratos y despidos considerando los cambios de dotación del mes en estudio:

$$Fullmespasado + COFM - DFM = \sum_{f=1}^F CFM_f \quad \forall f \quad [Rest. 20]$$

Cantidad máxima de despidos, los despidos no pueden ser mayores a la cantidad de vendedoras trabajando en la tienda el mes pasado:

$$\mathbf{Fullmespasado} \geq \mathbf{DFM} \quad [\mathbf{Rest. 21}]$$

e. Restricciones de quiebre de simetría [8]

Quiebre de simetría para variable mensual asociada a vendedoras full time, la cual permite facilitarle al programa la resolución del modelo al existir preferencias de asignación:

$$\mathbf{CFM}_f \geq \mathbf{CFM}_{(f+1)} \quad \forall f \quad [\mathbf{Rest. 22}]$$

Quiebre de simetría para variable mensual asociada a vendedoras part time:

$$\mathbf{CPM}_p \geq \mathbf{CPM}_{(p+1)} \quad \forall p \quad [\mathbf{Rest. 23}]$$

f. Restricciones de condiciones de borde

$$\begin{array}{lll} \mathbf{CF}_{hts} & \in & \mathbf{R}^+ \\ \mathbf{CP}_{hts} & \in & \mathbf{R}^+ \\ \mathbf{I}_{hts} & \in & \mathbf{R}^+ \\ \mathbf{COFM}_{hts} & \in & \mathbf{R}^+ \\ \mathbf{DFM}_{hts} & \in & \mathbf{R}^+ \end{array}$$

13.2.5. Función Objetivo

$$\mathbf{Min} = \left(\begin{array}{l} \mathbf{Costohoraociosa} * \sum_{h=1}^{13} \sum_{t=1}^7 \sum_{s=1}^4 \mathbf{I}_{hts} + \sum_{f=1}^F \mathbf{Salariofull} * \mathbf{CFM}_f + \\ \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^5 \sum_{s=1}^4 \mathbf{Costoturnopartsemana} * \mathbf{P}_{pts} + \sum_{p=1}^P \sum_{t=6}^7 \sum_{s=1}^4 \mathbf{Costoturnopartfinsemana} * \mathbf{P}_{pts} \\ + \mathbf{Costocontrato} * (\mathbf{COFM} + \sum_{p=1}^P \mathbf{CPM}_p) + \mathbf{Costodespidofull} * \mathbf{DFM} \end{array} \right)$$

13.3. Resultados del modelo

Para tener una idea general de las salidas de este y los demás modelos, se presenta una planilla en la tabla N°19 con la información de las asignaciones por hora para el día 15 de mayo del 2011 en el local Vespucio, recurso que las jefas de cada local podrán usar para organizar los turnos de las vendedoras.

Tabla N°19: Asignaciones por hora para el día 15 de mayo del 2011 en el local Vespucio

Viernes 15-05-2011	10 AM	11 AM	12 PM	1 PM	2 PM	3 PM	4 PM	5 PM	6 PM	7 PM	8 PM	9 PM	TOTAL
Vendedora full time 1				TF	TF	AF	TF	TF	TF	TF	TF	TF	9
Vendedora full time 2			TF	TF	AF	TF	TF	TF	TF	TF	TF		9
Vendedora full time 3	TF	TF	TF	TF	TF	AF	TF	TF	TF				9
Vendedora part time 1									TP	TP	TP		3
Vendedora part time 2		TP	TP	TP									3
Vendedora part time 3						TP	TP	TP		TP	TP	TP	6
TOTAL	1	2	3	4	2	2	4	4	4	4	4	2	

TF:	Hora de trabajo asignada a una vendedora full time
TP:	Hora de trabajo asignada a una vendedora part time
AF:	Hora de almuerzo asignada a la vendedora full time

Fuente: Elaboración propia.

A partir del modelo explicado en los capítulos anteriores se obtienen resultados para los meses de febrero y marzo del año 2011, para obtener estos resultados fue necesario contar con la información de la cantidad de vendedoras full time contratadas durante el mes anterior al que se correrán los modelos, es decir enero 2011 ya que se comienza a trabajar la asignación y calendarización desde febrero 2011. (Ver anexo N°11)

En la tabla N°20, se indica en detalle el resumen de los resultados de la asignación realizada para el mes de febrero donde se especifica el número de vendedoras full y part time necesarias según el tipo de turno seleccionado, este valor se escoge de acuerdo a la duración de los bloques que permite minimizar en mayor medida la función objetivo. Se puede apreciar respecto de este valor que el comportamiento de la duración de los turnos part time depende del tipo de local, a los locales tipo 1 se les asigna turnos semanales de 3 horas y para el fin de semana turnos de 7 horas, para los locales de tipo 2 es más eficiente los turnos de 3 horas para los días de semana y de 4 horas para el día sábado y finalmente para los locales tipo 3 resulta más eficiente los turnos semanales de 3 horas. La única excepción corresponde al local Prat que a pesar de ser un local tipo 2, los días sábado atienden sólo 3 horas. En resumen la decisión de los turnos viene dada por dos puntos de vista, el de la empresa y el entregado por el modelo, lo que se realiza es utilizar el parámetro de la empresa pero variando la asignación en un rango de 1 hora con el fin de saber cual largo de turno es más conveniente dependiendo de las condiciones de cada local. (Ver anexo N°12 con el resumen de resultados para marzo, abril y mayo)

Tabla N°20: Asignación del modelo mensual por local para el mes de febrero 2011

Local	#Full time	#Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo (\$)	Contratos full time	Despidos full time
Bulnes	4	2	3	4	22	6	158	1.142.800	0	0
Prat	2	1	3	3	20	1	198	640.700	0	0
Matte	4	1	3	4	16	1	183	1.100.400	0	0
Norte	4	1	3	7	7	3	337	1.319.400	0	0
Oeste	6	2	3	7	7	9	525	2.053.400	0	0
Vespucio	6	1	3	5	3	7	429	1.821.100	0	0
Tobalaba	5	1	3	7	4	4	383	1.568.300	0	0
Moneda	4	1	3	-	16	-	232	1.168.200	0	0
Cousiño	6	1	3	4	15	2	293	1.630.900	0	0
Quilín	4	1	3	7	4	6	228	1.174.800	0	0
Apumanque	4	1	3	7	8	4	198	1.150.600	1	0
Maipú	6	0	0	0	0	0	595	1.984.500	0	0

Fuente: Elaboración propia.

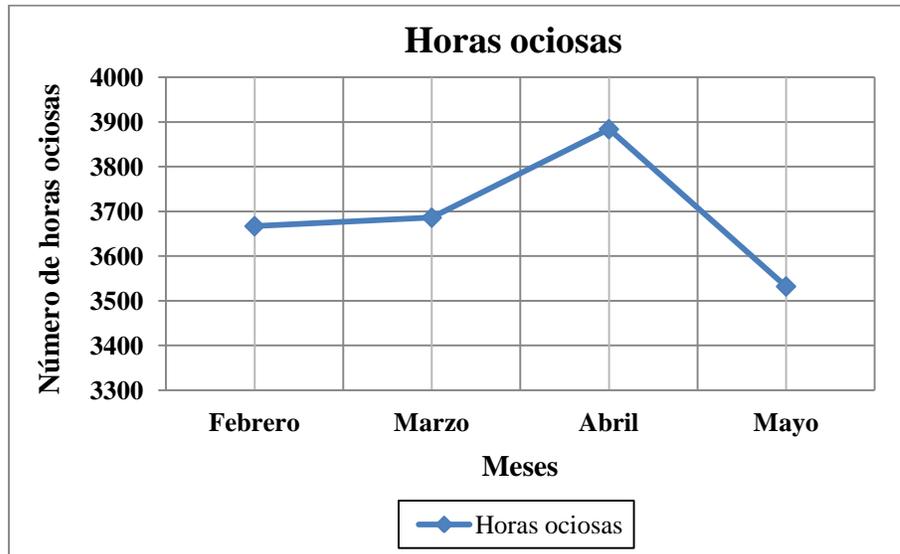
Con respecto a la función objetivo se puede ver que es bastante alta debido a la cantidad resultante de horas ociosas, lo que considerando un costo de \$1500 por hora, aumenta el costo total mensual. El motivo de lo anterior es que todos los locales optan por no despedir personal full time por el alto costo que esto significa, en este caso se estimó un promedio de tres años de antigüedad resultando un costo de despido corresponde a \$571.000. Para el caso del local Apumanque el modelo opta por contratar personal full time, esto por la subdotación existente respecto de la carga de trabajo necesaria. Los demás locales no requieren contratar vendedoras full time pero sí contar con algunos turnos part time.

Como se puede entender en la columna de números de turnos, la asignación es mayor que cero en la mayoría de las tiendas, a excepción de Maipú donde la sobredotación actual del local es lo suficientemente alta como para no necesitar ningún turno part time extra y además generar el número más alto de horas ociosas.

Para tener una visión global de cómo evolucionan las asignaciones de turno durante los meses de febrero a mayo se muestra los cambios en las horas ociosas en la Ilustración N°9 y en la cantidad de turnos asignados para todos los locales en la Ilustración N°10 y 11. El alza en la cantidad de turnos se ve explicado por el aumento de la demanda en los meses cercanos a mayo, causado por la semana en que ocurre el día de la madre. Y por otra parte la cantidad de horas ociosas tiene una baja en el mes de mayo ya que al existir un aumento en la carga de trabajo

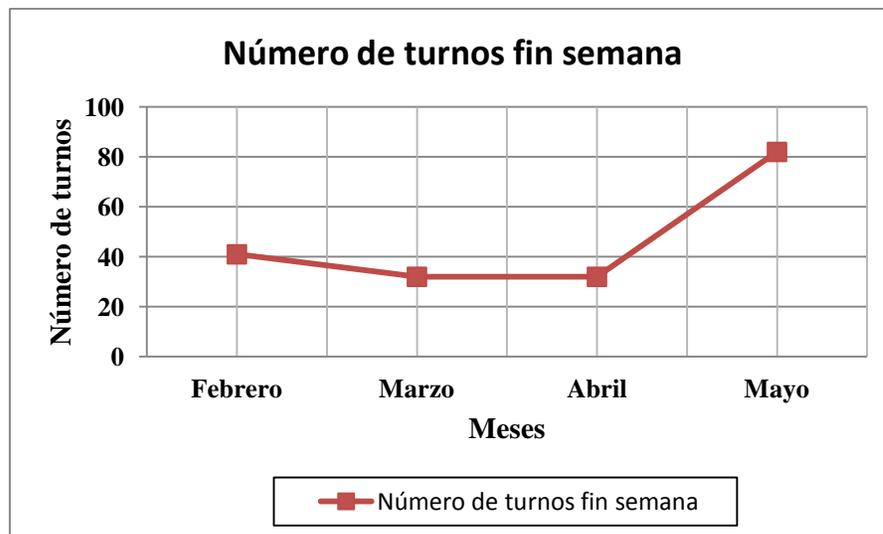
necesaria, el modelo tiene mayor libertad para asignar la combinación de turnos full y part time que más le convenga al local produciéndose una baja de horas ociosas.

Ilustración N°9: Horas ociosas generadas por el modelo mensual por local de febrero a mayo 2011.



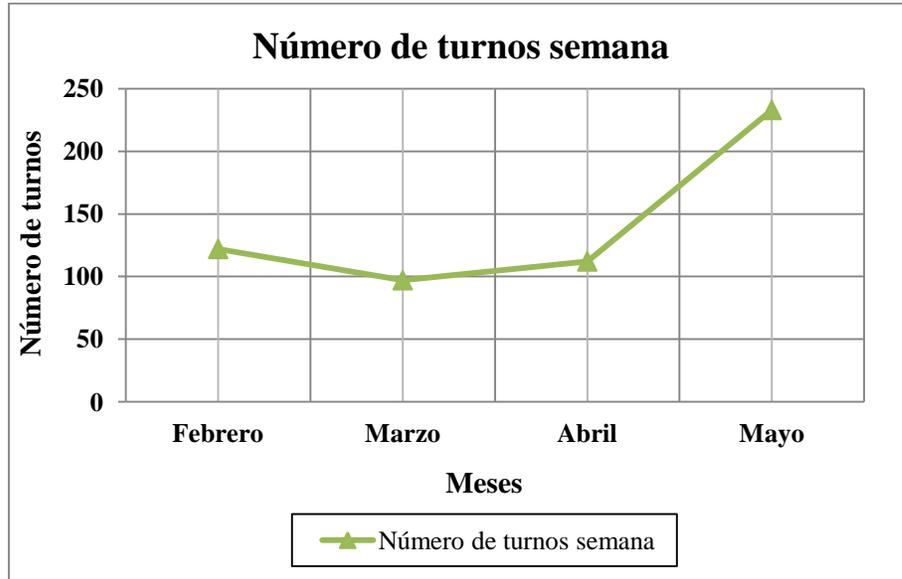
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración N°10: Turnos totales asignados el fin de semana de febrero a mayo 2011.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración N°11: Turnos totales asignados los días de semana de febrero a mayo 2011



Fuente: Elaboración propia.

Luego se puede concluir de este capítulo que el costo de despido limita al problema en la toma de decisiones sin tener la posibilidad de encontrar la mejor solución en un mediano plazo. Es por ello que se decide estudiar el periodo de resolución en la siguiente sección.

13.4. Estudio de periodo de resolución

Dado el comportamiento de los locales se decide modificar el horizonte de resolución del modelo, al correrlo por más meses se permite contrastar los costos totales dejando de lado la mirada individual y además manteniendo la asignación de cada mes sujeta a la utilizada en el mes anterior. Al correr el modelo por 4 meses se comienzan a ver cambios en la contratación y despido, esto fundamentado principalmente porque se logra recuperar el costo de despido asociado a una vendedora full time. A pesar de que algunos locales permitían observar efectos a los tres meses se decide por utilizar cuatrimestres por dos principales razones, como se dijo anteriormente, porque es un modelo que puede tener más libertad al momento de tomar decisiones y por otra parte este plazo permite incorporar el mes de mayo donde las ventas aumentan considerablemente la semana 18 al ocurrir el día de la madre y por tanto se puede incorporar el efecto de una alza en la demanda.

En la tabla N°21 se muestran los resultados de febrero y mayo del año 2011 al considerar este nuevo periodo de resolución. Al analizar la asignación se puede ver que la cantidad de full time mensual se mantiene desde febrero a mayo y por otra parte el alza en ventas producido en el mes de mayo se compensa con la contratación de personal part time, es por ello que el número de vendedoras part time se duplica respecto de febrero. Sin embargo las horas ociosas se mantienen similares a pesar del aumento en la carga de trabajo para mayo, esto se produce ya que los turnos part time son capaces de cubrir estas alzas aumentando su número. (Ver anexo N°13 con resumen de resultados para los meses marzo y abril 2011)

Tabla N°21: Resumen de resultados del modelo cuatrimestral para los meses febrero y mayo 2011

Mes: Febrero 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo (\$)	Contratos full time	Despidos full time
Bulnes	4	2	3	4	23	5	156	1.137.100	0	0
Prat	2	1	3	3	20	1	109	640.700	0	0
Matte	3	2	3	4	34	2	81	1.442.700	0	1
Norte	4	1	3	7	7	3	335	1.316.400	0	0
Oeste	4	3	3	7	11	16	262	2.552.200	0	2
Vespucio	4	2	3	7	13	14	193	2.411.100	0	2
Tobalaba	4	2	3	7	6	10	267	1.879.700	0	1
Moneda	3	1	4	-	20	0	84	1.352.000	0	1
Cousiño	4	3	3	4	58	3	106	2.364.700	0	2
Quilín	4	1	3	7	4	6	228	1.174.800	0	0
Apumanque	4	1	3	7	5	6	201	1.163.500	1	0
Maipú	4	1	3	7	4	5	318	2.441.300	0	2

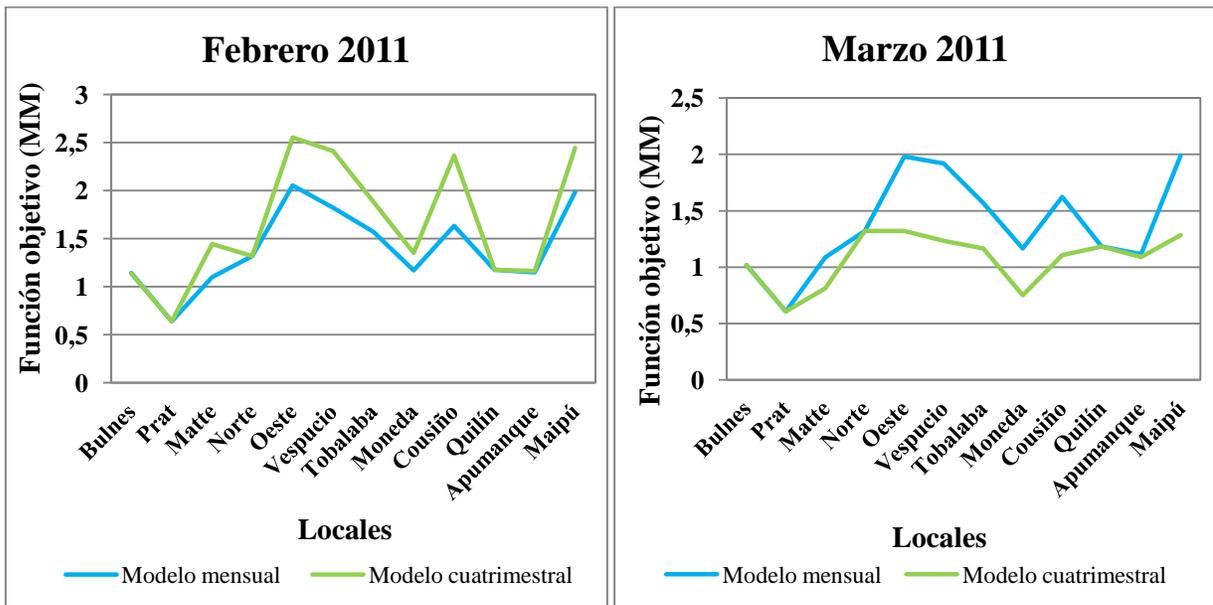
Mes: Mayo 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo (\$)	Contratos full time	Despidos full time
Bulnes	4	4	3	4	58	12	165	1.387.500	0	0
Prat	3	4	3	3	64	9	102	1.119.100	0	0
Matte	2	2	3	4	33	3	102	718.200	0	0
Norte	4	1	3	7	4	4	310	1.276.800	0	0
Oeste	4	3	3	7	17	14	297	1.466.900	0	0
Vespucio	4	4	3	7	22	21	181	1.412.400	0	0
Tobalaba	4	3	3	7	21	13	270	1.432.700	0	0
Moneda	3	2	4	-	43	0	94	917.600	0	0
Cousiño	4	3	3	4	65	1	101	1.233.200	0	0
Quilín	4	3	3	7	19	17	250	1.436.300	0	0
Apumanque	4	2	3	7	16	9	221	1.271.200	0	0
Maipú	4	2	3	7	8	10	281	1.338.100	0	0

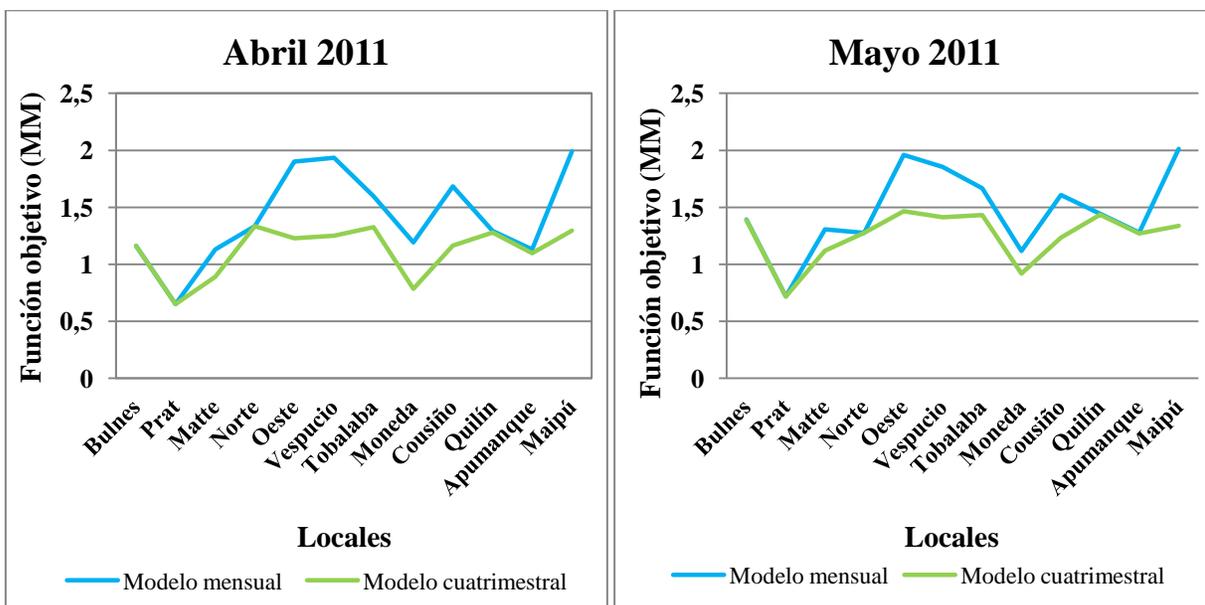
Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar este análisis se recomienda a la empresa utilizar un periodo de resolución mayor a 4 meses ya que se permite capturar efectos que el modelo individual no logra obtener, esto es claramente visible en la Ilustración N°12, con las funciones objetivos por mes según el modelo mensual y el cuatrimestral para todos los locales. Lo principal es notar que durante el primer mes, es decir febrero, resulta más económico para la empresa la utilización del modelo mensual ya que éste es el mes donde el modelo cuatrimestral invierte en el despido de un personal full time aumentando sus costos totales, para los siguientes meses esto se invierte ya que a causa del despido es posible manejar de mejor manera las horas ociosas y así tener menores costos totales. Al sumar los costos de los cuatro meses para los dos modelos se tiene la tabla N°22 evidenciándose que el modelo cuatrimestral logra un resultado global más eficiente que el individual para los mismos meses.

Los despidos son realizados el primer mes de resolución, de modo de recuperar la inversión en los siguientes tres meses, como algunos locales no alcanzan a recuperarla en este intervalo el modelo opta por no despedir. Al igual que los despidos los contratos también son realizados el primer mes con la diferencia de que es realizado sólo en el caso que el personal full time del mes anterior no sea suficiente para cubrir el requerimiento de carga de trabajo.

Ilustración N°12: Comparación función objetivo del modelo por local mensual y cuatrimestral.





Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°22: Comparación costos totales incluyendo los meses de febrero a mayo 2011

	Modelo mensual	Modelo cuatrimestral	
Bulnes	\$4.716.500	\$ 4.705.100	\$ 11.400
Prat	\$2.616.600	\$ 2.616.600	\$ 0
Mtte	\$4.625.000	\$ 4.264.600	\$ 357.400
Norte	\$5.251.800	\$ 5.251.800	\$ 0
Oeste	\$7.894.300	\$ 6.567.400	\$ 1.333.200
Vespucio	\$7.527.500	\$ 6.306.200	\$ 1.221.300
Tobalaba	\$6.401.700	\$ 5.804.600	\$ 597.100
Moneda	\$4.642.500	\$ 3.807.600	\$ 834.900
Cousiño	\$6.545.500	\$ 5.868.800	\$ 672.500
Quilín	\$5.091.300	\$ 5.072.400	\$ 18.900
Apumanque	\$4.676.600	\$ 4.623.800	\$ 52.800
Maipú	\$7.978.600	\$ 6.360.300	\$ 1.618.300

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente luego de realizar este análisis del periodo de resolución se llega a la conclusión de que se llega a mejores resultados corriendo el modelo cuatrimestral, el cual logra tomar decisiones de despido de personal full time en los casos que lo requiere. Para el caso de los locales Prat y Norte, el modelo no cambia sus resultados y esto puede deberse a dos posibles motivos, que los locales requieran de un periodo de resolución mayor para recuperar el costo de despido full time o que el óptimo se encuentre con dicha cantidad de personal full time sin tener necesidad de realizar despidos. Al observar las horas ociosas generadas por el modelo cuatrimestral para estos dos locales se podría tener la primera intuición de que el local Prat no

necesita despedir vendedoras full time y el local Norte requiere de un periodo de resolución mayor para tomar esta decisión, ya que el primero posee un número bajo de horas ociosas a diferencia del segundo.

13.5. Análisis de sensibilidad

La sensibilidad para el modelo mensual por local, el cual se denominará modelo base en el presente capítulo, se trabaja para el mes de febrero en los locales Matte, Moneda y Oeste. El objetivo principal es conocer cómo reacciona ante cambios en la demanda, costos y restricciones, para lo cual se comparan sus resultados con los del modelo base que se encuentra resumido en la tabla N°23.

Tabla N°23: Resumen modelo base

Local	Modelo base							
	Función objetivo	Horas ociosas	Despidos full	Contratos full	Contratos part	Full time	Turnos semana	Turno fin semana
Matte	1.100.400	183	0	0	1	4	16	1
Moneda	1.169.400	232	0	0	1	4	12	0
Oeste	2.053.400	525	0	0	2	6	7	9

Fuente: Elaboración propia

13.5.1. Crecimiento en la demanda

Es importante entender cómo reacciona el modelo frente a cambios en el mercado, para ello se aumenta inicialmente la demanda real de febrero 2011 en un 30%, con esto se obtiene como resultado un crecimiento en la carga de trabajo como se muestra en la tabla N°25. Este aumento no es igual para todos los locales ya que cada uno de ellos tiene distintas probabilidades de compra y tiempos de atención a los clientes. Luego de esto se busca conocer cómo reacciona el modelo base ante un aumento en su input principal, es decir la carga de trabajo. Para ello se comparan los resultados del modelo base inicial, indicados en la tabla N°24, con los del modelo utilizando una carga de trabajo aumentada en un 30%. Esto se presenta en la tabla N°26.

Tabla N°24: Porcentaje de aumento de la carga de trabajo al crecer un 30% la demanda

Febrero 12	Demanda base	Demanda +30%	Aumento carga de trabajo
Oeste	1361	1769	15,2%
Matte	1067	1387	16,7%
Moneda	887	1153	14,1%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°25: Resumen de cambios del modelo base ante un aumento en la demanda de un 30%

Local	Aumento de demanda en un 30%							
	Función objetivo	Horas ociosas	Despidos full	Contratos full time	Contratos part time	Full time	Turnos semana	Turno fin semana
Matte	1.435.600	290	0	0	2	4	53	0
Moneda	1.428.400	312	0	0	2	4	32	0
Oeste	2.230.800	579	0	0	3	6	9	15

Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente se distingue que en cada uno de los locales se produce un alza en los turnos asignados subiendo en promedio un 45%, existe un mayor aumento en los turnos asignados de lunes a viernes. Si se observan las horas ociosas el aumento es de un 24%, este valor es menor que un 30% debido a que a pesar del alza logra contrarrestar la holgura de horas con el aumento en turnos part time.

El modelo no opta por contratar ni despedir personal full time ya que el aumento no es lo suficientemente brusco como para realizarlo, a pesar de esto al aumentar el requerimiento de turnos part time se debe contratar a una vendedora extra con este contrato en cada uno de los locales.

En conclusión el análisis indica que los cambios mostrados anteriormente, ya sea en el cálculo de la carga de trabajo como en los resultados del modelo base, no son lineales y logran adecuarse entregando como resultado una eficiencia en la asignación de recursos. Luego como la intuición lo indica si la demanda aumenta al doble no se necesitarán el doble de personas ni el doble de turnos.

13.5.2. Disminución de costos de despido full time

Se realizan variaciones en el costo de despido del modelo mensual por local a modo de entender el comportamiento de los resultados frente a una reducción de un 40% y 60% de este costo. En la tabla N°26 y N°27 se puede ver los efectos producidos en la variable despidos lo que a su vez conlleva a variaciones importantes en horas ociosas.

Tabla N°26: Resumen de cambios del modelo base ante la disminución del costo de despido de un 40%

Local	Disminución en costos de despido en un 40%							
	Función objetivo	Horas ociosas	Despidos full	Contratos full	Contratos part	Full time	Turnos semana	Turno fin semana
Matte	1.100.400	183	0	0	1	4	33	1
Moneda	1.148.500	92	1	0	1	3	17	0
Oeste	1.997.100	372	1	0	2	5	5	11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°27: Resumen de cambios del modelo base ante la disminución del costo de despido de un 60%

Local	Disminución en costos de despido en un 60%							
	Función objetivo	Horas ociosas	Despidos full	Contratos full	Contratos part	Full time	Turnos semana	Turno fin semana
Matte	1.091.400	78	1	0	2	3	16	2
Moneda	1.148.500	92	1	0	1	3	17	0
Oeste	1.858.300	259	2	0	3	4	10	16

Fuente: Elaboración propia.

Al momento de realizar las disminuciones en los costos de despido el foco principal está en saber cómo reacciona el modelo en la cantidad de despidos de personal full time a realizar. Para el local Matte sólo se visualizan cambios con la disminución en costos de un 60%, con ello se despide a una vendedora full time y las horas ociosas disminuyen en un 57%. El local Moneda presenta reacciones frente a las dos sensibilizaciones, en ambas decide despedir a una vendedora full time disminuyendo sus horas ociosas en un 60% a costa de sólo un aumento de 5 turnos part time en el mes.

Por último el local Oeste presenta diferentes cambios, con la disminución en los costos de un 40% logra despedir a una vendedora full time disminuyendo las horas ociosas en un 30%, y con una disminución de un 60% opta por despedir a dos trabajadoras full time disminuyendo las horas ociosas en un 51% respecto de los resultados base.

Es importante mencionar que para lograr lo anterior se debe invertir en la contratación de vendedoras part time que puedan cubrir los bloques donde los full time despedidos estaban asignados. La cantidad a contratar no varía en gran medida con los cambios, lo que se debe a la sobredotación existente en especial en el local Oeste.

13.5.3. Relajación de restricción full time sobre el mínimo personal por hora en tienda

La primera restricción en relajar consiste en el mínimo de personal full time por hora indicado por la empresa, que corresponde a dos. El objetivo principal de esta restricción es que el local en ningún momento del día se encuentre sin una vendedora full time, a pesar de lo anterior se opta por relajar esta variable a modo de conocer el comportamiento del modelo base por local, lo cual se muestra en la tabla N°28.

Tabla N°28: Resumen de resultados obtenidos con la relajación del mínimo personal full time por hora

Relajación de restricción full time: Cantidad mínima de vendedoras full time por hora								
Local	Función objetivo	Horas ociosas	Despidos full	Contratos full	Contratos part	Full time	Turnos semana	Turno fin semana
Matte	1.100.400	183	0	0	1	4	16	1
Moneda	1.169.400	232	0	0	1	4	12	0
Oeste	1.914.100	488	0	0	1	6	3	5

Fuente: Elaboración propia.

Se puede notar en los resultados que se mantiene la cantidad de personal full time, esto corrobora la intuición de que el modelo está capturando el efecto de que una vendedora full time por hora es un 50% más económico que una vendedora part time. A pesar de lo anterior el local Oeste mejora la distribución de sus vendedoras al poseer mayor holgura que los demás, mejorando su función objetivo en \$140.000.

13.5.4. Relajación de restricción part time de mínimo y máximo de horas a trabajar por semana:

La segunda restricción relajada corresponde al mínimo y máximo de horas que una vendedora part time puede trabajar semanalmente, al sumar todos los turnos asignados. A partir de lo cual se tienen los resultados mostrados en la tabla N°29.

Tabla N°29: Relajación de restricción part time sobre mínimo y máximo de horas a trabajar por semana

Relajación de restricción part time: cantidad mínima y máxima de turnos semanales								
Local	Función objetivo	Horas ociosas	Despidos full	Contratos full	Contratos part	Full time	Turnos semana	Turno fin semana
Matte	1.071.300	173	0	0	1	4	14	0
Moneda	1.075.800	200	0	0	1	4	4	0
Oeste	1.965.200	497	0	0	2	6	6	5

Fuente: Elaboración propia.

El relajo de esta restricción permite tener mayor flexibilidad al momento de asignar los turnos a las vendedoras part time, por lo que esto disminuye los costos totales representados en la función objetivo y en las horas ociosas mensuales de cada local. A pesar de lo importante que resulta cumplir esta restricción para mejorar la calidad de trabajo de las vendedoras, resulta útil entender que cada una de las restricciones va rigidizando el problema y alejándolo del óptimo real.

14. MODELO DE INTERCAMBIO DE PERSONAL PART TIME

14.1. Descripción del modelo

Se muestra el modelamiento de asignación de turnos part time para las vendedoras con este tipo de contrato, permitiéndoles intercambiar el lugar de trabajo tanto en el día como en la semana y además considerar sus preferencia por día para escoger el lugar de trabajo. Los locales utilizados son los doce trabajados en el modelo individual y se mantiene la asignación realizada de vendedoras full time. Para la asignación de vendedoras part time se busca maximizar las preferencias, trabajando de tal forma que las vendedoras podrán priorizar los locales en que desean trabajar un día en particular, asignando el numero uno al local de mayor afinidad para la vendedora. El problema utiliza como input las preferencias por día y local de cada vendedora part time y por otra parte los resultados entregados por el modelo individual, los cuales se unen para ser utilizados en un modelo único y abordado como un problema de programación lineal entero y programado en el software GAMS con solver CPLEX. El periodo en estudio corresponderá a un mes y su criterio de finalización es de un GAP igual a 1%, es decir, el programa se detiene cuando encuentra una solución con un valor objetivo distante en un 1% a la mejor solución. Las características generales del modelo se muestran en la tabla N°30.

Tabla N°30: Descripción general del modelo con intercambio de personal part time

Modelo con intercambio de personal part time	Descripción
Tipo	MIP
Nivel de estudio (diario)	28
Restricciones	9
Índices	5
Variables	3
Tiempo de resolución GAMS (min)	5
Criterio de finalización (%)	1

Fuente: Elaboración propia.

14.2. Planteamiento del problema

El modelo incluye todos los locales sin considerar el tipo al que pertenecen ya que la distribución de turnos la realiza el modelo individual. El modelo incorpora nuevamente restricciones de cantidad máxima y mínima de turnos por semana a trabajar por el personal part time, impuestas por la empresa a modo de estar bajo el marco legal. A diferencia del modelo por local este problema permite que estas cotas sean cumplidas autorizando el intercambio entre tiendas, el modelo resultante se indica a continuación:

14.2.1. Índices

- h : Horas del día, $h \in \{1 \dots 13\}$, dependiendo del local.
 t : Días de la semana, $t \in \{1 \dots 7\}$
 s : Semanas del mes, $s \in \{1 \dots 4\}$
 l : Código de locales en estudio, $l \in \{1 \dots 12\}$
 p : Código de vendedoras con contrato part time.

14.2.2. Parámetros

- $\text{Cargaturnos}_{lhts}$: Número de turnos part time que comienzan a la hora h del día t de la semana s en el local l .
- $\text{Preferencia}_{lpts}$: Nivel de preferencia del trabajador part time p para trabajar en el local l el día t .
- Mínimopartsemana : Mínimo de horas semanales que una vendedora part time puede trabajar.
- Máximopartsemana : Máximo de horas semanales que una vendedora part time puede trabajar.
- Turnopart_{lt} : Duración del turno part time para cada local l en el día t .

14.2.3. Variables

a. Variables binarias

$$TP_{plhts} : \begin{cases} 1 & \text{Si la vendedora part time de código } p \text{ es asignada al turno} \\ & \text{que comienza a la hora } h \text{ del día } t \text{ de la semana } s \text{ en el local } l. \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

$$CPM_p : \begin{cases} 1 & \text{Si la vendedora full time de código } f \text{ es asignada para} \\ & \text{trabajar en el local en la semana } s \text{ del periodo en estudio.} \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$$

b. Variables enteras:

TA_{plts} : Preferencia asignada para la vendedora p sobre el local l en el día t de la semana s.
Corresponde a cero cuando la vendedora no es asignada a dicho local en ese día.

14.2.4. Restricciones

a. Restricciones laborales

Las vendedoras part time tienen un mínimo de horas a trabajar por semana:

$$\sum_{l=1}^{12} \sum_{t=1}^5 \sum_{h=1}^{13} (TP_{plhts} * Turnopeak_{lt}) \geq M\acute{inimopeaksemana} * CPS_{ps} \quad \forall p, s \quad [Rest. 24]$$

Las vendedoras part time tienen un máximo de horas a trabajar por semana:

$$\sum_{l=1}^{12} \sum_{t=1}^5 \sum_{h=1}^{13} (TP_{plhts} * Turnopeak_{lt}) \leq M\acute{aximopeaksemana} * CPS_{ps} \quad \forall p, s \quad [Rest. 25]$$

b. Restricciones operativas

Una vendedora part time no puede estar trabajando en dos o más locales a la misma hora, día y semana, luego mientras dure el turno más una hora de holgura, no podrá comenzar un nuevo bloque de trabajo en ningún local.

$$\sum_{l=1}^{13} (1 - TP_{plhts}) \geq \sum_{l=1}^{13} \sum_{i=1}^{Turnopeak_{lt}} TP_{pl(h+i)ts} \quad \forall p, h, t, s \quad [Rest. 26]$$

La cantidad de turnos asignados debe ser mayor o igual a los requerimientos por local:

$$\sum_{p=1}^P TP_{plhts} = Cargaturnos_{lhts} \quad \forall l, h, t, s \quad [Rest. 27]$$

Nivel de preferencia asignado a cada vendedora part time:

$$TP_{plhts} * Preferencias_{plt} = TA_{plhts} \quad \forall h, l, p, t, s \quad [Rest. 28]$$

Una vendedora debe entrar a trabajar como máximo a un local por hora:

$$\sum_{l=1}^{12} TP_{plhts} \leq 1 \quad \forall p, h, t, s \quad [\text{Rest. 29}]$$

Asignación mensual de vendedoras part time, donde podrá considerarse que trabaja durante el mes en estudio en caso que se asigne en al menos una semana de éste:

$$CPS_{ps} \leq CPM_p \quad \forall p, s \quad [\text{Rest. 30}]$$

Mínimo de semanas por mes que debe trabajar una vendedora part time en caso que sea contratada:

$$\sum_{s=1}^4 CPS_{ps} \geq 3 * CPM_p \quad \forall p \quad [\text{Rest. 31}]$$

c. Restricciones de condiciones de borde

$$TA_{plts} \in R^+$$

14.2.5. Función Objetivo

$$\text{Min} = \left(\sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^{12} \sum_{t=1}^7 \sum_{s=1}^4 TA_{plts} + \sum_{p=1}^P CPS_{ps} \right)$$

14.3. Resultados obtenidos

Una vez concluido que se obtienen mejores resultados con el modelo cuatrimestral, se utilizan sus resultados como input para el problema del intercambio de personal part time. Luego la asignación realizada para las vendedoras full time se mantiene y se trabaja sólo con los turnos part time, los que son satisfechos en su totalidad manteniendo el largo de los turnos que son más eficientes para cada local. Lo que busca el modelo es asignar las vendedoras part time a cada uno de los turnos maximizando las preferencias, para ello deberán completar en un futuro un formulario ordenando del 1 al 12 sus preferencias diarias de los locales, para efectos de estos resultados se ha generado esta tabla aleatoria para ser utilizada en el modelo de febrero y mayo. Los resultados que inicialmente se muestran en la tabla N°31 corresponden al número de preferencias totales asignadas para los meses en estudio, escogidos principalmente para entender el comportamiento del modelo para un mes con baja demanda y uno con alta demanda como lo es Mayo.

Tabla N°31: Asignaciones de preferencias para los meses febrero y mayo 2011

Nivel de preferencia	Febrero		Mayo	
	Asignaciones por nivel	Porcentaje asignaciones	Asignaciones por nivel	Porcentaje asignaciones
1	177	64,1	281	58,4
2	41	14,9	79	16,4
3	34	12,3	65	13,5
4	14	5,1	22	4,6
5	8	2,9	24	5,0
6	1	0,4	1	0,2
7	1	0,4	3	0,6
8	0	0,0	1	0,2
9	0	0,0	2	0,4
10	0	0,0	2	0,4
11	0	0,0	0	0,0
12	0	0,0	1	0,2

Fuente: Elaboración propia.

El modelo logra cumplir más del 58% de las preferencias principales, si se consideran la segunda y tercera preferencia logra asignar más del 88% de estas. Para entender en detalle esta asignación se muestra la tabla N°32 donde se encuentra el resumen del modelo.

Tabla N°32: Resumen de asignaciones totales por semana para los meses febrero y mayo 2011

	Febrero	Mayo
Contratos part time	21	30
Turnos promedio	3,67	3,70
Turnos semana 1	21	26
Turnos semana 2	20	30
Turnos semana 3	18	27
Turnos semana 4	18	28

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de vendedoras part time a contratar varía de acuerdo a los meses, esto explicado principalmente por el aumento en la demanda que en algunos locales como Norte corresponde al 28%. De manera global el modelo en febrero aumenta las contrataciones en uno y para mayo se disminuye este número en tres vendedoras, luego las decisiones que se tomen dependerán del nivel de ventas de cada mes ya que para meses con alta demanda el modelo puede ordenar de mejor manera sus asignaciones de manera de reducir la cantidad de vendedoras part time trabajando, como ocurre en el mes de Mayo. Por otra parte el promedio de semanas trabajadas por las vendedoras se mantiene prácticamente constante, esto se debe a que la cantidad

de vendedoras asignadas por semana para trabajar se ajusta a las necesidades de cada mes.

Finalmente si se observan la cantidad de vendedoras asignadas semanalmente se puede identificar que uno de los mayores cambios se produce en la semana dos debido al efecto producido por el día de la madre, es en esta semana donde se produce un aumento de personal part time del 50%.

Este tipo de modelo permite que las vendedoras consideren como prioridad para elegir los locales un motivo que consideren importante, ya sea distancia a la casa, a la universidad, por locomoción, entre otras. Y por otra parte tiene un beneficio en el clima de trabajo donde las vendedoras part time se sentirán más partícipes de las decisiones que el negocio toma.

Existe la posibilidad de entregarle mayor prioridad a la minimización en la contratación de vendedoras part time, para ellos se pondera la función objetivo de la siguiente manera:

$$Min = \left(\alpha \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^{12} \sum_{t=1}^7 \sum_{s=1}^4 TA_{plts} + (1 - \alpha) \sum_{p=1}^P CPS_{ps} \right)$$

Los resultados mostrados en la tabla N°33 corresponden a un ejemplo donde α es igual a 0,3, provocando que el número de contrataciones part time sea de 28, es decir 2 contrataciones menos que para un α igual a 0,5, esto a su vez implica una disminución del porcentaje de asignaciones a los primeros tres niveles de un a un 88.3% a un 88.1%.

Tabla N°33: Asignaciones de preferencias para mayo 2011 con ponderación 70/30 en la función objetivo

Nivel	Número preferencias por nivel	Porcentaje
1	278	57,8
2	81	16,8
3	65	13,5
4	21	4,4
5	24	5,0
6	2	0,4
7	3	0,6
8	1	0,2
9	2	0,4
10	1	0,2
11	1	0,2
12	2	0,4

Fuente: Elaboración propia.

15. MODELO CON CONTROL DE ASIGNACIÓN DE PREFERENCIAS

Para este problema se opta por agregar nuevas restricción al modelo de intercambio de personal part time, esto permite manejar de mejor manera las preferencias de las trabajadoras. La idea principal es elegir a quienes se desea asegurar que gran parte de sus preferencias sean cumplidas, de manera de ir rotando esta selección de personas durante el año. Para lograr esto se requiere de un nuevo parámetro y dos nuevas restricciones a pesar de utilizar las mismas variables que en el capítulo XIV. Los resultados mostrados corresponden al mes de mayo. (Ver anexo N°14)

a. Parámetros a incluir:

- *Selecciónpreferidas_p*: Código de vendedoras part time seleccionadas para cumplir, en lo posible, sus preferencias.

b. Restricciones a incluir:

La preferencia asignada para trabajar, a cada vendedora seleccionada para cumplir sus prioridades de locales, debe estar en los niveles 1 y 2:

$$TA_{plhts} \leq 2 * CPM_p \quad \forall l, h, t, s, p \in \textit{Selecciónpreferidas}_p \quad [\textit{Rest. 32}]$$

Las personas seleccionadas para mejorar sus preferencias deben trabajar ese mes:

$$CPM_p = 1 \quad \forall p \in \textit{Selecciónpreferidas}_p \quad [\textit{Rest. 33}]$$

De las modificaciones señaladas anteriormente se obtienen los resultados presentados en las tablas N°34, donde se muestra los resultados del mes de mayo para el modelo de intercambio de personal part time sin cambios y los resultados del modelo con las modificaciones agregadas. (Ver anexo N°15 y N°16)

Tabla N°34: Comparación asignaciones de modelo de intercambio de personal sin cambios y con cambios

Nivel	Asignaciones mayo		Asignaciones mayo (%)	
	Modelo intercambio	Modelo intercambio modificado	Modelo intercambio	Modelo intercambio modificado
1	281	290	58,4	60,3
2	79	83	16,4	17,3
3	65	63	13,5	13,1
4	22	21	4,6	4,4
5	24	24	5,0	4,9
6	1	0	0,3	0,0
7	3	0	0,6	0,0
8	1	0	0,2	0,0
9	2	0	0,4	0,0
10	2	0	0,4	0,0
11	0	0	0,0	0,0
12	1	0	0,2	0,0
Total	481	481	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Los cambios percibidos son cercanos a un 2% en cada uno de los niveles, es por ello que en general la incorporación de estas restricciones mejora la asignación de los primeros tres niveles de preferencias de un 88% a un 91%. Además de lo anterior los modelos no tienen grandes cambios como se puede ver en la tabla N°35 donde el número de vendedoras por semana es prácticamente el mismo y la tasa de ocupación del personal part time disminuye en un 0,1. La explicación de lo anterior corresponde a que al entregarle mayor prioridad a un grupo de vendedoras, al momento de asignar sus preferencias, empeora la asignación global del modelo requiriendo una persona más en mayo, los cambios no son significativos como para descartar esta opción ya que a pesar de esto se logra un mejor control en el modelo.

Tabla N°35: Comparación de modificaciones sobre asignaciones globales por semana de modelo de intercambio de personal

	Modelo intercambio	Modelo intercambio modificado
Vendedoras part time mensuales	30	31
Promedio semanas de trabajo por vendedora	3,70	3,61
Vendedoras semana 1	26	27
Vendedoras semana 2	30	31
Vendedoras semana 3	27	28
Vendedoras semana 4	28	26

Fuente: Elaboración propia.

Para entender en detalle los cambios se utiliza un conjunto de vendedoras que funcionan como testeo para entender como mejoran sus preferencias y cómo esto afecta en las asignaciones del resto de las vendedoras. En la tabla N°36 se muestra los resultados del modelo base de intercambio y en la tabla N°37 los resultados de modelo de intercambio con cambios.

Tabla N°36: Asignaciones mayo 2011 modelo base intercambio de personal part time

Código vendedora part time	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Suma preferencias	Horas mensuales trabajadas
OP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QP	16	3	0	1	2	0	0	36	81
RP	9	1	3	2	0	0	0	28	56
SP	3	1	4	0	0	0	1	24	43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°37: Asignaciones mayo 2011 de modelo base intercambio de personal part time con inclusión de restricción de selección de vendedoras

Código vendedora part time	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Suma preferencias	Horas mensuales trabajadas
OP	16	2	0	0	0	0	0	20	73
QP	16	7	0	0	0	0	0	30	82
RP	10	2	0	0	0	0	0	14	59
SP	9	0	0	0	0	0	0	9	68

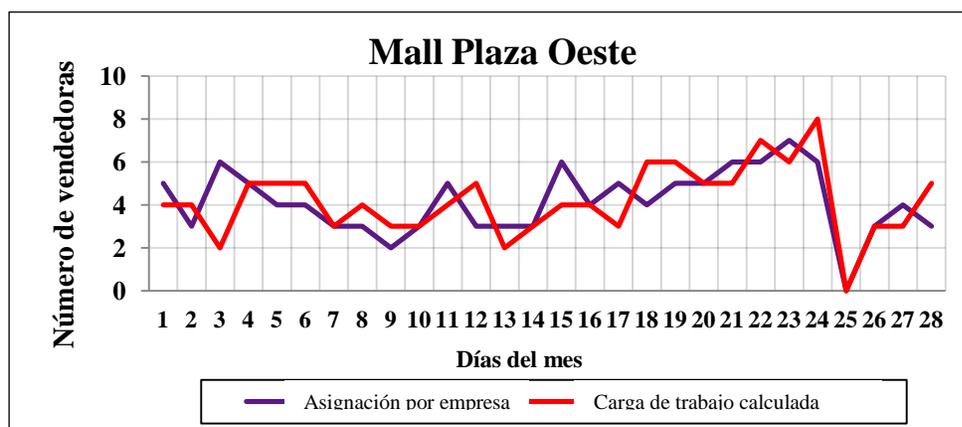
Fuente: Elaboración propia.

Lo que muestran las tablas anteriores son la asignación mensual, donde la suma de preferencias corresponde a la cantidad de veces que se cumple una preferencia por el nivel que posee. La suma disminuye al considerar que se fuerza al modelo a otorgar niveles menores o iguales que dos y esto a su vez conlleva a que las horas totales trabajadas durante el mes aumenten ya que los requerimientos de mínimo y máximo de horas a trabajar por semana se mantienen, traducándose en 59 horas como límite inferior y 82 horas como límite superior. En general se puede ver que el modelo puede aplicar esta selección de vendedoras part time, a costa de esto las demás vendedoras compensan esta diferencia con un aumento de un 10% en asignaciones del nivel 2 y un 20% en el nivel 5. El ejemplo anterior puede no ocurrir en todos los casos, existiendo la posibilidad de que disminuyan las horas de trabajo para cumplir las preferencias, aunque sin ser inferior al mínimo permitido por el modelo que corresponden a 30 horas, es decir, 10 horas por 3 semanas.

16. BENEFICIOS POTENCIALES

Como se mencionó en un comienzo, la empresa no posee métodos cuantitativos para organizar la distribución de turnos a sus vendedoras. Esto ha conllevado en un desajuste con la demanda que no sólo se traduce en subdotación sino que también en sobredotación. Si se compara la carga de trabajo calculada en el capítulo 13 con el caso particular de diciembre se pueden ver los desajustes diarios mostrados en la Ilustración N°13. (Ver anexo N°17 con la asignación para el día 24 de diciembre 2010)

Ilustración N°13: Asignación empresa vs carga de trabajo calculada: Diciembre 2010.



Fuente: Elaboración propia.

Para estudiar este capítulo es necesario conocer el valor aproximado de una demanda insatisfecha y para ello se utilizará el ticket promedio de un cliente. Este valor se calcula con el promedio entre los meses enero y septiembre 2011 del monto cancelado por boleta, lográndose formular la tabla N°38.

Tabla N°38: Ticket promedio de locales en estudio

Local	Ticket promedio
Bulnes	11.419
Prat	11.934
Matte	14.561
Norte	15.352
Oeste	14.297
Vespucio	13.959
Tobalaba	15.240
Moneda	14.975
Cousiño	15.324
Quilín	15.097
Apumanque	17.709
Maipú	13.452

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios obtenidos por el modelo mensual por local, son dimensionados considerando un horizonte de resolución de cuatro meses. Para el caso del intercambio de personal part time no es directo cuantificar los beneficios de su implementación al tratarse de preferencias de las vendedoras. Lo que sí permite, como se mencionó anteriormente, es un mejor clima laboral ya que las vendedoras podrán sentir que sus sugerencias y solicitudes son escuchadas y además se podrá tener el control sobre estas, beneficios que resultan indirectos de cuantificar.

Se analizarán los locales Matte, Moneda y Oeste de acuerdo a un estudio realizado en sala, esto consistió en obtener la información plasmada en los libros de asistencia de manera de saber exactamente el número de personas trabajando a cada hora. Esta información fue sacada para los meses febrero, marzo y abril, y se compara con la carga de trabajo calculada. Esto permite obtener los valores que se observan en la tabla N°39.

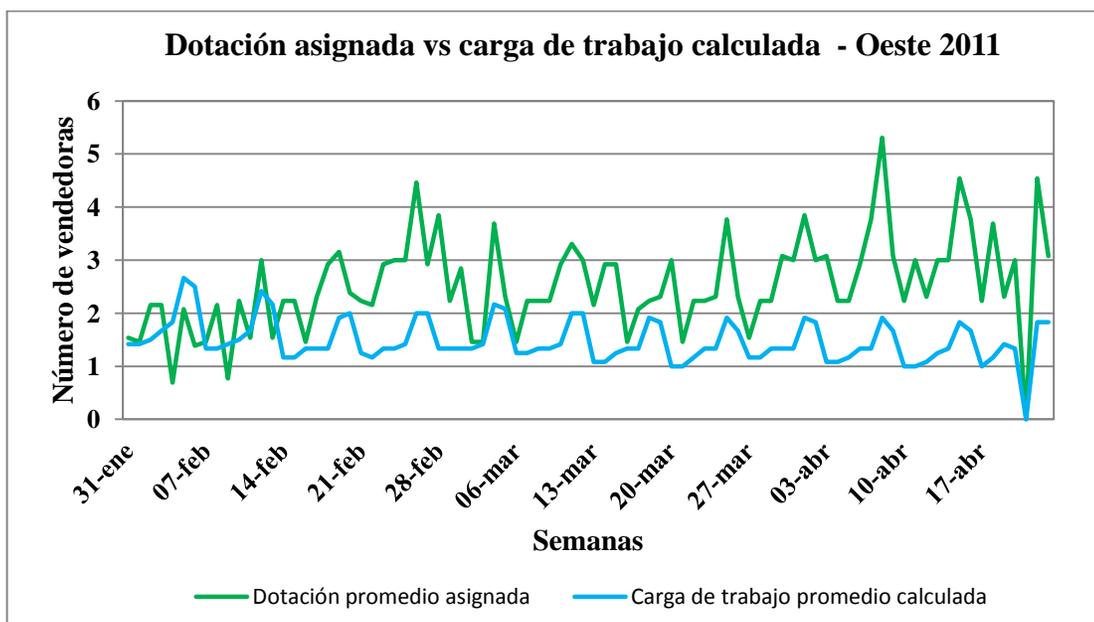
Tabla N°39: Resumen de libro de asistencia de febrero a abril 2011

Locales	Meses	Horas ociosas	Demanda insatisfecha	Cantidad full time
Oeste	Febrero	283	84	6
	Marzo	386	35	6
	Abril	579	38	7
	Total	1248	157	19
Matte	Febrero	66	94	4
	Marzo	118	93	4
	Abril	122	64	4
	Total	306	251	12
Moneda	Febrero	26	119	4
	Marzo	101	71	4
	Abril	70	87	3
	Total	197	277	11

Fuente: Elaboración propia.

Se puede deducir que la cantidad de horas ociosas y demanda insatisfecha demuestra el desajuste que poseen las tiendas en general. Para el caso de Oeste los valores crecen considerablemente en las horas ociosas ya que, como ya se había percibido, existe una alta sobredotación en esta tienda. Para ver las diferencias de manera visual se presenta la Ilustración N°14 con el caso de este local.

Ilustración N°14: Dotación asignada por la empresa vs carga de trabajo calculada para el local oeste.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente si se comparan los dos modelos, el modelo cuatrimestral por local y la asignación utilizada por la empresa en esa fecha, los costos totales para los meses de febrero a abril 2011 se presentan en la tabla N°40.

Tabla N°40: Comparación en costos totales de asignación realizada por la empresa y por el modelo cuatrimestral por local

Locales	Meses	Asignación empresa 2011	Modelo cuatrimestral por local	Ahorro absoluto	Ahorro porcentual
Oeste	Febrero	\$ 6.320.292	\$ 4.260.692	\$ 2.059.601	33%
	Marzo	\$ 3.672.580	\$ 3.950.447	-\$ 277.867	-8%
	Abril	\$ 4.315.644	\$ 3.796.039	\$ 519.605	12%
	Total	\$ 14.308.516	\$ 12.007.177	\$ 2.301.339	16%
Matte	Febrero	\$ 6.301.936	\$ 2.996.359	\$ 3.305.577	52%
	Marzo	\$ 6.321.692	\$ 2.871.134	\$ 3.450.558	55%
	Abril	\$ 4.638.616	\$ 2.655.631	\$ 1.982.985	43%
	Total	\$ 17.262.244	\$ 8.523.124	\$ 8.739.120	51%
Moneda	Febrero	\$ 7.895.100	\$ 2.477.900	\$ 5.417.201	69%
	Marzo	\$ 5.132.400	\$ 2.471.982	\$ 2.660.419	52%
	Abril	\$ 5.862.300	\$ 2.443.871	\$ 3.418.429	58%
	Total	\$ 18.889.800	\$ 7.393.752	\$ 11.496.048	61%

Fuente: Elaboración propia.

La comparación en pesos se realiza considerando, para la asignación realizada por la empresa, la carga de trabajo que queda ociosa y los momentos donde hay subdotación produciéndose demanda insatisfecha. Según el cálculo realizado de la carga de trabajo se estima que durante cada hora una vendedora puede atender cuatro boletas, luego considerando esta información y el ticket promedio por local se puede saber el costo de tener dotación menor a la requerida, que viene siendo cuatro veces el ticket promedio. Además de lo anterior se considera la asignación de personal full time durante los meses analizados y la inexistencia de personal part time a la fecha.

Para el caso del modelo cuatrimestral por local se consideran los mismos puntos, agregando la información respecto de la contratación de part time que se traduce en costos de turnos y de contratación. Un punto clave de considerar es que el modelo sólo cumple el 90% de la demanda, entonces se calcula el 10% de la demanda para luego considerarla como demanda insatisfecha y por tanto un costo extra a los resultados. Se comparan los valores y se nota una menor diferencia en el local Oeste, esto está explicado por la sobredotación existente que disminuye las horas ociosas y aumenta la demanda insatisfecha respecto de los otros dos locales.

Como se puede ver es recomendable utilizar el modelo por local con tiempo de resolución igual a cuatro meses ya que se pueden recuperar 22 millones en tres meses, a pesar de considerar en este estudio de beneficios potenciales sólo tres locales de los doce estudiados durante el presente trabajo. Los montos dan altos en relación a los costos operativos, lo que es provocado por el desajuste actual ante fluctuaciones de la demanda.

Por otra parte se puede realizar el análisis anterior dejando fuera la demanda insatisfecha ya que más que un ahorro se puede considerar como un “lucro cesante”, donde se analiza lo que dejó de ganar la empresa por estas ventas perdidas. Para este caso se obtienen los resultados mostrados en la tabla N°41.

Tabla N°41: Comparación en costos totales de asignación realizada por la empresa y por el modelo cuatrimestral por local. Sin considerar demanda insatisfecha

Locales	Meses	Asignación empresa 2011	Modelo cuatrimestral por local	Ahorro absoluto	Ahorro porcentual
Oeste	Febrero	\$ 1.516.500	\$ 2.552.200	-\$ 1.035.700	-68,3%
	Marzo	\$ 1.671.000	\$ 1.320.700	\$ 350.300	21,0%
	Abril	\$ 2.142.500	\$ 1.227.600	\$ 914.900	42,7%
	Total	\$ 5.330.000	\$ 5.100.500	\$ 229.500	4,3%
Matte	Febrero	\$ 926.000	\$ 1.442.700	-\$ 516.700	-55,8%
	Marzo	\$ 905.000	\$ 813.100	\$ 91.900	10,2%
	Abril	\$ 950.000	\$ 889.700	\$ 60.300	6,3%
	Total	\$ 2.781.000	\$ 3.145.500	-\$ 364.500	-13,1%
Moneda	Febrero	\$ 767.000	-\$ 1.611.333	-\$ 525.000	-63,5%
	Marzo	\$ 879.500	-\$ 2.273.633	\$ 127.600	14,5%
	Abril	\$ 651.000	-\$ 2.935.933	\$ 76.900	8,9%
	Total	\$ 2.297.500	-\$ 6.820.900	-\$ 320.500	-13,9%

Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento del ahorro resulta negativo para febrero que es el mes donde se realizan los despidos, los siguientes meses se produce un ahorro que dependiendo del monto permitirá recuperar antes o después el gasto inicial. Como se puede ver, ya no es tan directo el ahorro producido para las tiendas, esto se debe a que en locales como Moneda existe un déficit de personal por su mala organización a pesar de tener el número de vendedoras full time adecuado según lo indicado por los modelos, traduciéndose en más demanda insatisfecha que horas ociosas. A pesar de esto habrán locales que recuperarán inmediatamente el costo del despido y otros que les tomará más tiempo, en promedio el local Matte requiere de cinco meses y Moneda de cuatro meses, a diferencia del local Oeste que al encontrarse sobredotado en la mayoría de los días puede recuperar el costo del despido rápidamente. Luego el beneficio durante un año para estos locales da un total aproximado de 6,8 millones de pesos, considerando que el ahorro mensual es el promedio de los últimos dos meses calculados.

17. CONCLUSIONES

Durante este estudio se ven tres grandes temas, estimación de demanda, cálculo de carga de trabajo y programación de la asignación de vendedoras. Al plantear una metodología de predicción de demanda se logran modelos econométricos capaces de entregar pronósticos con bajos errores, ya sea por el lado de las series de tiempo como por el de la regresión lineal. A pesar de la similitud de las variables explicativas utilizadas en ambos métodos, la regresión lineal logra mejores resultados obteniendo un MAPE promedio ponderado menor a 16,4 en todos los locales, a excepción del local Prat el cual posee efectos que no se incorporaron en este estudio pero que sí influyen en el comportamiento de las ventas. Un posible efecto son las promociones que se presentan en sala, pudiendo tratarse de un local con clientes sensibles al precio.

Para entender el por qué de las disimilitudes entre la regresión lineal y las series ARMAX es necesario conocer sus diferencias. A pesar de que la primera se comporte como una serie de tiempo, al tener variables independientes autorregresivas, la principal diferencia está en la no utilización de medias móviles ya que luego de intentos no se logran cambios significativos en la predicción, efecto similar al que ocurre al comparar la serie ARMA y ARIMAX, donde las variables explicativas no logran mejorar el error del pronóstico en todos los locales. Incluso para la estimación con el proceso ARMAX se obtiene en algunos casos una estructura $(0,0,X)$ donde se termina de entender que las variables no logran complementarse en todos los casos. Para el caso de la regresión lineal, ésta puede dar buenas predicciones ya que evita conflictos entre las variables explicativas y las variables independientes de medias móviles que no son utilizadas en esta estructura. Para resumir, la regresión lineal logra disminuir el error del pronóstico frente a la mejor serie de tiempo en promedio en un 6,9%, indicador suficiente para decidir que es la metodología que se debe utilizar en predicciones futuras.

La distribución de la carga de trabajo resultante se encuentra afectada en gran parte por la ubicación y tipo de local en estudio en cuanto a horarios, para los locales ubicados en centros comerciales se da un comportamiento de aumento en las ventas los fines de semana y durante la semana el alza se presenta a partir de las 3 pm. Para el caso de los locales ubicados en sectores de oficinas el aumento en la carga de trabajo se produce en los horarios de almuerzo y después de las 5 pm, horario en que las personas comienzan a salir de sus trabajos. Esto demuestra la importancia de la utilización de personal part time en que se pueden complementar estos cambios en el comportamiento de los clientes a través de turnos más flexibles.

El modelo mensual por local entrega resultados mejores al ampliar el horizonte de resolución, esto es un resultado predecible al tener en cuenta el alto costo que involucra un despido, por lo que se requiere de más de tres meses para poder compensar ese gasto extra con el beneficio de la disminución en las horas ociosas. Al momento de tener los resultados cuatrimestrales se percibe un modelo robusto que no genera grandes cambios en dotación con el aumento de las ventas en mayo, por lo que al mantener prácticamente constante la dotación mensual de personal full time logra capturar los cambios a través de la inclusión de turnos part time. Esto es justamente lo que se buscaba en el sentido de encontrar el equilibrio entre los dos tipos de contratos, de manera de encontrar un resultado global más eficiente. La robustez del modelo se confirma con los análisis de sensibilidad donde el factor principal en variación son los turnos part time, a excepción del caso en que se comienza a variar los costos de despido, a pesar de esto y de los bajos costos de contratación, el modelo logra mantener constante la cantidad de personal full time mensual a pesar de las alzas y bajas posteriores en las ventas. Finalmente el modelo también puede capturar que en general una trabajadora part time resulta más caro en términos de costo por hora que una vendedora full time, evidenciado al momento de relajar la variable que indica un mínimo de personas full time por hora igual a uno donde el número de personal full time no varía respecto del modelo sin cambios en esta restricción.

Para el caso del modelo por intercambio, la cantidad de vendedoras necesarias al considerar el intercambio es mayor al calculado con el modelo cuatrimestral en algunos locales, puede ocurrir que el intercambio beneficie la asignación de turnos por persona implicando una disminución en la contratación, como ocurre en mayo que se define como un mes de altas ventas para la empresa, pero por otro lado puede sacrificar esto a cambio de la entrega de mejores preferencias como en el caso de febrero que corresponde a un mes de baja demanda. Luego la empresa tendrá la opción de implementar el modelo con o sin intercambio de personal y además seleccionar en nivel de prioridad que se le de a cada resultado mediante ponderadores. El estudio realizado en este trabajo permite verificar que al incluir el control de la selección de preferencias el número de contratos aumenta, siendo explicado por la necesidad de entregar gran parte de los turnos a las vendedoras seleccionadas y por tanto perjudicando la asignación del problema en su conjunto.

Como conclusión general se puede indicar luego de todos los estudios y análisis de sensibilidad, que los modelos son robustos ya que entregan confianza en sus resultados al no presentar grandes cambios frente a pequeñas variaciones. Se detectan tres cambios que son beneficiosos para la empresa, la incorporación de vendedoras part time que permite ajustar la carga de trabajo a la demanda, el intercambio entre tiendas que logra disminuir la contratación de vendedoras en meses de alta demanda y la consideración de las preferencias de las vendedoras que logra considerar la opinión de las vendedoras y además tener el control sobre su asignación dando la posibilidad de utilizar esta herramienta como bonificación por desempeño.

18. RECOMENDACIONES

A partir del estudio realizado y de las conclusiones obtenidas se pueden establecer algunas recomendaciones, por un lado se sugiere utilizar como modelo predictivo la regresión lineal, ya que al comparar su desempeño en relación a las series de tiempo utilizadas se aprecia una mejora considerable.

A pesar de lo bajo que resultan los indicadores de errores se debe tener en consideración que la estimación de demanda cuenta con estos, por lo cual se debe utilizar como base el pronóstico y aumentarlo en un factor de acuerdo a cada local, según el análisis de sensibilidad realizado debiese estar cercano al 10% para disminuir las posibilidades de demanda insatisfecha.

Por otra parte se pudo llegar a la conclusión de que un modelo por local con periodo de resolución de cuatro meses resulta más eficiente en costos que el modelo mensual por local, a pesar de esto no se debe cerrar la posibilidad de realizar pruebas con periodos mayores, de manera de certificar que el problema cuente con la información y tiempo necesario para tomar decisiones.

Con respecto al modelo de intercambio de personal, a pesar de que no posee beneficios monetarios directos, se recomienda implementarlo debido al buen clima que esto podría generar para las vendedoras part time sobre todo si sus preferencias tienen la posibilidad de ser seleccionadas durante un mes, lo que podría motivar a que mejoren su desempeño en las ventas, al trabajar esta prioridad en asignación de preferencia como un bono o premio. En caso que se desee dar mayor prioridad al número de contratos part time se sugiere ponderar cada término de la suma de la función objetivo, con esto se puede reducir el número de trabajadoras a costa de un leve empeoramiento en las asignaciones de preferencias.

Finalmente como recomendación general se cree que la contratación de personal part time beneficia a la empresa en costos, pero se debe tener la precaución necesaria de que el trabajo sea realizado con la misma personalización con la que lo realizan las vendedoras full time. Esto puede ser controlado a través del proceso de selección y además por una supervisión de las jefas de cada local. Para tomar todo tipo de decisión se debe estudiar si el costo de la demanda insatisfecha debe ser incluido en la comparación ya que depende de esto la rapidez en que se logre recuperar la inversión en los despidos iniciales.

19. TRABAJO FUTURO

Se proponen dos temas a abordar en la programación de personal o scheduling, por una parte la utilización de un periodo de resolución de un año, para poder considerar efectos como vacaciones distribuyéndola de tal manera de no necesitar contratar personal extra para cubrir la demanda. En caso que no se logre obtener resultado factible con la programación lineal, se deberá implementar heurísticas que se aproximen a la mejor solución posible.

El segundo tema interesante de abordar es la rotación de personal, considerando el aburrimiento de los empleados. La idea principal es poder intercambiar a las personas de tareas que resultan ser muy monótonas de manera de minimizar el aburrimiento y los costos de asignación involucrados. Luego el problema tiene dos complejidades, evitar que una persona realice una misma tarea por un tiempo prolongado y además buscar tareas similares entre sí para la rotación, de manera de requerir el menor tiempo posible en la adaptación o capacitación del nuevo cargo y además evitar perturbar en demasía la concentración del personal [5]

20. BIBLIOGRAFIA

- [1] **CAPITAL.CL.** 2011. Informe Retail 2011 [en línea]. < www.capital.cl > [consulta: 17 diciembre 2011].
- [2] **DIRECCIÓN DEL TRABAJO.** 2011. Código del Trabajo [en línea]. <www.dt.gob.cl> [consulta: 16 de diciembre 2011].
- [3] **INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS INE.** 2011. Evolución Comercio Minorista 2005-2010 [en línea]. < www.ine.cl.> [consulta: 17 diciembre 2011].
- [4] **AMAR, ZACARÍAS.** 2007. Optimización y planificación de turnos de la fuerza de ventas en empresas La Polar S.A. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [5] **AYOUNG A., ZANDIEH, M., FARSIJANI H.** 2011 GA and ICA approaches to job rotation scheduling problem: considering employee's boredom [en línea]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. (2011) 1-16 < <http://www.citeulike.org/article/10069461>> [consulta: 16 de diciembre 2011].
- [6] **BARRERA, RODRIGO.** 2011. Diseño de un modelo de optimización de turnos para cajeros. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [7] **BRAVO, HUMBERTO.** 2010. Metodología para optimizar dotación de personal en tiendas de especialidad. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [8] **CRAWFORD, J. et Al.** 1996. Symmetry-Breaking Predicates for Search Problems. [en línea]. CiteSeer. (1996) 1-12 <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.47.6065>> [consulta: 16 de diciembre 2011].
- [9] **FAIGUENBAUM, DIEGO.** 2010. Scheduling para la fuerza de ventas de un retailer especialista. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [10] **GLOVER, F y McMILLAN, C.** 1986. The general employee scheduling problem: an integration of ms and ai, Computation and Operations Research. 13(5) 563-573.
- [11] **GREENE, WILLIAM H.** 1999. Análisis Econométrico. Tercera Edición. Madrid, Prentice Hall. 952 p.
- [12] **HEIZER, J. y BARRY, R.** 2005. Principios de Administración de Operaciones. Quinta Edición. Madrid, Pearson. 704 p.

[13] **KRISHNAMOORTHY, ANAND.** 2005. Scheduling sales force training problems: theory and evidence [en línea]. International Journal of Research in Marketing. 22(2005) 427-440 < <http://www.simon.rochester.edu/fac/misra/IJRM.pdf> > [consulta: 16 de diciembre 2011].

[14] **MILLER, HOLMES.** 1975. Nurse scheduling using mathematical programming, Operations Research. 24(5) 857-870.

[15] **REYES, MARÍA JOSÉ.** 2009. Modelo de optimización de personal para una tienda por departamento. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

21. ANEXOS

ANEXO N°1: Ventas totales nominales del comercio minorista.

Fuente: INE (www.ine.cl). [1]

En la Ilustración 15 se presentan las ventas nominales en miles de pesos corrientes, entre el periodo 2005 y 2010, para el comercio minorista.

Ilustración N°15: Ventas totales nominales del comercio minorista.



ANEXO N°2: Series de tiempo modelo autorregresivo de medias móviles integrado, suavizamiento exponencial y modelo estacional multiplicativo.

Fuente: Greene (1999) [11], Heizer (2005) [12].

A.2.1. ARIMA

Este proceso se denomina modelo autorregresivo integrado de medias móviles ya que además de los procesos anteriores es integrado de orden d con el fin de obtener una serie estacionaria y se designa como $I(d)$. Luego tomando la diferencia d -ésima se logra obtener un proceso estacionario que se estructura de la siguiente manera:

$$\Delta^d y_t = a + \beta'_1 \Delta^d y_{t-1} + \dots + \beta'_p \Delta^d y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad [\text{Ecuación 10}]$$

Donde β' serán los nuevos coeficientes estimados una vez diferenciada la serie d veces y $\Delta^d y_{t-p}$ los valores diferenciados de la serie.

A.2.2. Suavizamiento exponencial

Esta serie de tiempo corresponde a la técnica de promedios móviles ponderados donde los datos se ponderan mediante una función exponencial. Su método de aplicación es el siguiente:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha * (A_t - F_{t-1}) \quad [\text{Ecuación 11}]$$

Donde:

- F_t = Pronóstico para el periodo t
- α = Constante de suavizado ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- A_t = Demanda real del periodo t

Si la constante α es alta indica que se le está dando más peso en la ecuación a los datos recientes, pero si la constante es baja se le otorga más peso a los datos anteriores. Por lo que si los datos tienen probabilidades altas de mantenerse estable en el tiempo es más conveniente utilizar una constante baja, esto se puede ver a través del promedio subyacente.

En el caso que los datos presenten tendencia, el modelo de suavización exponencial debe modificarse pasando a llamarse suavizamiento exponencial con ajustes de tendencia que corresponde a la fórmula de pronóstico anterior pero agregando un término que incorpora la tendencia, resultando:

$$F_t = \alpha * A_t + (1 - \alpha) * (F_{t-1} + T_{t-1}) \quad [\text{Ecuación 12}]$$

$$T_t = \beta * (F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta) * T_{t-1} \quad [\text{Ecuación 13}]$$

Donde:

- T_t = Tendencia exponencialmente suavizada para el periodo t
- F_t = Pronóstico exponencialmente suavizado para el periodo t
- A_t = Demanda real del periodo t
- α = Constante de suavizado para el promedio ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- β = Constante de suavizado para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

En este caso la constante β será más alta cuando se desee que responda más rápido a los cambios recientes de la tendencia, y será más baja cuando se quiera dar menos peso a las tendencias recientes y se desee suavizar la tendencia actual.

A.2.3. Modelo estacional multiplicativo

En caso que los datos además presenten estacionalidad, es decir, movimientos regulares ascendentes o descendentes que se presentan por acontecimientos recurrentes como vacaciones, navidad, entre otras. Se recomienda el modelo estacional multiplicativo que se describe a continuación:

$$S_t = \alpha * \frac{d_t}{C_{t-L}} + (1 - \alpha) * (S_{t-1} + B_{t-1}) \quad [\text{Ecuación 14}]$$

$$B_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)B_{t-1} \quad [\text{Ecuación 15}]$$

$$C_t = \gamma * \frac{d_t}{S_t} + (1 - \gamma) * C_{t-L} \quad [\text{Ecuación 16}]$$

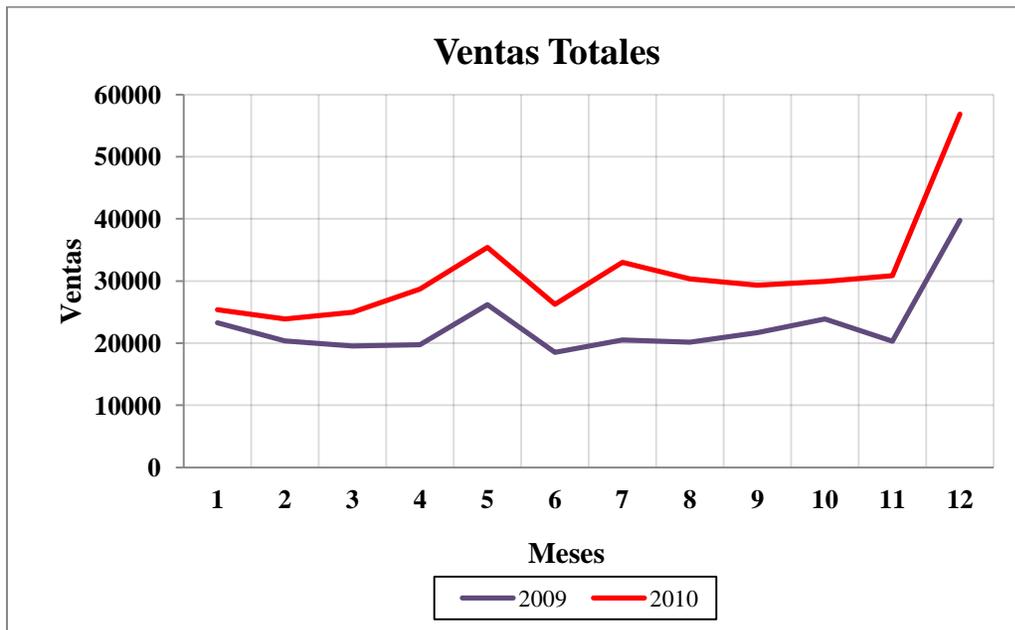
$$F_{t+k} = (S_t + k * B_t) * C_{t+k-L} \quad [\text{Ecuación 17}]$$

ANEXO N°3: Ventas totales de la empresa a lo largo del país.

Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración N°16 se muestran las ventas totales mensuales de la empresa en los años 2009 y 2010.

Ilustración N°16: Ventas totales de la empresa a lo largo del país.

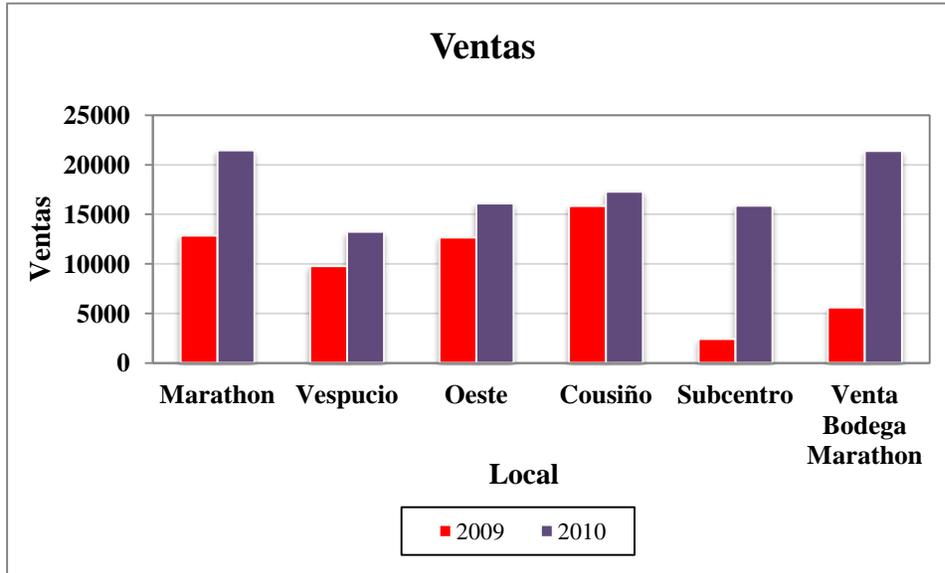


ANEXO N°4: Ventas totales de tiendas más significativas de la región metropolitana.

Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración N°17 se muestran las ventas totales para las seis tiendas más significativas de la región metropolitana de los periodos 2009 y 2010.

Ilustración N°17: Ventas de tiendas más significativas de la región metropolitana.



ANEXO N°5: Extracto de datos transaccionales del local Oeste.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°42 se muestra un extracto de los datos transaccionales con el detalle de los productos comprados por boleta.

Tabla N°42: Extracto de datos transaccionales del local Oeste

Local	Número boleta	Código artículo	Fecha	Hora	Mes	Semana	Vendedora
1	674338	7225	02-01-2010	11:22	1	1	U8
1	674338	220518	02-01-2010	11:23	1	1	15
1	674338	10072	02-01-2010	11:23	1	1	14
1	674338	3842	02-01-2010	11:24	1	1	14
1	674338	771198	02-01-2010	11:26	1	1	63
1	674159	705102	02-01-2010	11:26	1	1	15
1	674159	4025	02-01-2010	11:26	1	1	15
1	674160	1583	02-01-2010	11:27	1	1	63
1	674160	1483	02-01-2010	11:27	1	1	76
1	674160	1665	02-01-2010	11:28	1	1	U8
1	674160	1665	02-01-2010	11:29	1	0	14
1	674160	1624	02-01-2010	11:29	1	1	63
1	674160	1681	02-01-2010	11:30	1	1	U8

ANEXO N°6:

En la tabla N°43 se muestran los MAPE de cada semana pronosticada del año 2011 y a partir de estas, el MAPE promedio ponderado por ventas reales para once locales de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°43: MAPE pronóstico 2011

Semana	Bulnes	Prat	Matte	Norte	Vespucio	Tobalaba	Moneda	Cousiño	Quilín	Apumanque	Maipú
1	9,5	14,3	10,2	4,0	8,9	7,8	3,1	17,8	14,5	1,9	11,2
2	6,7	2,2	6,8	12,0	4,2	6,1	18,8	0,2	18,0	8,5	18,7
3	16,2	35,9	10,5	5,9	2,7	13,7	17,2	2,0	16,6	8,7	18,5
4	14,2	26,0	15,0	7,4	19,2	17,9	13,2	4,4	24,3	1,7	23,2
5	11,9	29,1	19,3	15,9	15,0	17,0	21,3	8,1	18,6	2,8	21,9
6	3,1	33,0	7,1	8,8	25,6	8,3	28,5	7,6	12,9	14,7	7,1
7	1,9	25,3	6,6	27,5	2,5	24,9	1,4	7,4	4,1	10,3	20,3
8	11,0	35,4	14,5	4,7	18,6	25,5	5,6	2,3	2,4	0,8	8,1
9	11,1	40,3	21,9	7,5	29,5	33,7	14,9	19,2	16,0	14,4	15,1
10	11,9	77,9	12,4	19,2	17,6	6,8	10,0	11,4	1,9	0,7	15,6
11	6,7	67,5	10,4	28,2	1,4	9,4	6,1	0,3	9,8	9,4	14,5
12	8,4	67,4	24,5	1,6	5,8	2,9	12,7	4,0	17,8	3,3	13,3
13	4,3	15,9	11,4	22,8	10,8	10,8	17,1	1,7	13,6	7,2	11,1
14	13,8	14,7	11,3	29,2	14,3	6,8	19,9	6,9	6,1	2,1	3,2
15	27,7	8,5	4,9	19,0	4,2	34,0	4,3	5,2	0,8	24,0	4,4
16	23,1	7,1	14,6	26,6	0,8	15,8	26,9	3,5	22,7	4,7	5,8
17	22,4	19,1	3,1	13,5	0,8	32,2	10,6	17,0	5,2	19,1	45,3
18	37,5	19,0	7,4	19,6	1,5	1,7	20,9	15,2	31,9	16,9	5,5
19	48,6	35,8	2,0	15,9	4,2	33,6	5,3	10,0	19,8	25,6	12,8
20	25,0	33,0	0,2	6,2	10,7	33,4	8,3	10,7	47,9	8,5	22,3
21	12,3	16,6	1,2	27,6	8,8	37,0	20,2	15,7	12,3	8,0	6,6
22	9,4	0,7	15,7	30,0	24,1	8,0	21,8	22,8	5,0	17,7	10,4
MAPE ponderado	14,9	25,1	10,4	16,4	11,2	16,2	14,7	9,4	15,3	9,5	13,9

ANEXO N°7:

En la tabla N°44 se presentan las proporciones diarias consideradas para los días feriados, según los comportamientos pasados en cada local. Se utiliza la información del año 2010.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°44: Proporciones de ventas diarias de feriados

Feriado Domingo							
Proporciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bulnes							
Prat							
Matte							
Norte	0,12	0,10	0,13	0,18	0,25	0,21	
Oeste	0,16	0,16	0,15	0,15	0,13	0,24	
Vespucio	0,16	0,17	0,17	0,14	0,17	0,19	
Tobalaba	0,17	0,13	0,12	0,12	0,15	0,31	
Moneda							
Cousiño							
Quilín	0,10	0,17	0,13	0,18	0,20	0,23	
Apumanque	0,15	0,18	0,13	0,14	0,22	0,19	
Maipú	0,17	0,12	0,14	0,12	0,21	0,23	
Feriado Sábado							
Proporciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bulnes	0,16	0,17	0,19	0,24	0,24		
Prat	0,17	0,18	0,22	0,23	0,20		
Matte	0,17	0,16	0,20	0,23	0,24		
Norte	0,13	0,16	0,14	0,18	0,19		0,19
Oeste	0,12	0,13	0,15	0,19	0,19		0,22
Vespucio	0,11	0,16	0,14	0,17	0,23		0,19
Tobalaba	0,11	0,13	0,12	0,19	0,27		0,19
Moneda							
Cousiño	0,17	0,16	0,19	0,23	0,25		
Quilín	0,09	0,13	0,15	0,20	0,25		0,18
Apumanque	0,11	0,16	0,18	0,23	0,21		0,12
Maipú	0,10	0,12	0,13	0,20	0,26		0,20
Feriado Viernes-Sábado							
Proporciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bulnes	0,16	0,21	0,24	0,38			
Prat	0,20	0,22	0,36	0,21			
Matte	0,23	0,16	0,25	0,37			
Norte							
Oeste							
Vespucio							
Tobalaba							
Moneda	0,21	0,24	0,24	0,31			
Cousiño	0,20	0,23	0,25	0,31			
Quilín							
Apumanque							
Maipú							

ANEXO N°8:

En la tabla N°45 se presenta la carga de trabajo pronosticada para la semana 18 del año 2011 en el local Oeste. Cada valor indica el número de personas necesarias a un día y hora en especial.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°45: Carga de trabajo para la semana donde ocurre el día de la madre en el año 2011

OESTE	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
10 AM	1	1	1	1	1	1	1
11 AM	1	1	1	1	1	1	1
12 PM	1	1	1	1	2	2	2
1 PM	1	1	2	2	2	3	2
2 PM	1	1	1	2	2	2	2
3 PM	1	1	2	2	2	3	2
4 PM	2	2	2	2	2	3	3
5 PM	2	2	2	2	2	4	4
6 PM	2	2	2	2	3	4	4
7 PM	2	2	2	2	3	5	4
8 PM	2	2	2	2	2	4	3
9 PM	1	1	1	2	2	2	2

ANEXO N°9:

En la Ilustraciones N°18 y N°19 se muestran las cargas de trabajo calculadas para los locales Oeste y Moneda respectivamente. Se seleccionan las horas más representativas de cada local a fin de mostrar los cambios de comportamiento. En el local Moneda existe un alza en las ventas a las 2 pm al encontrarse en un sector de oficinas, a su vez Oeste presenta alzas en las ventas entre las 2 pm y 6 pm de manera continua.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración N°18: Carga de trabajo asignada en Oeste de enero a mayo 2011 a las 9 am, 2 pm y 6 pm

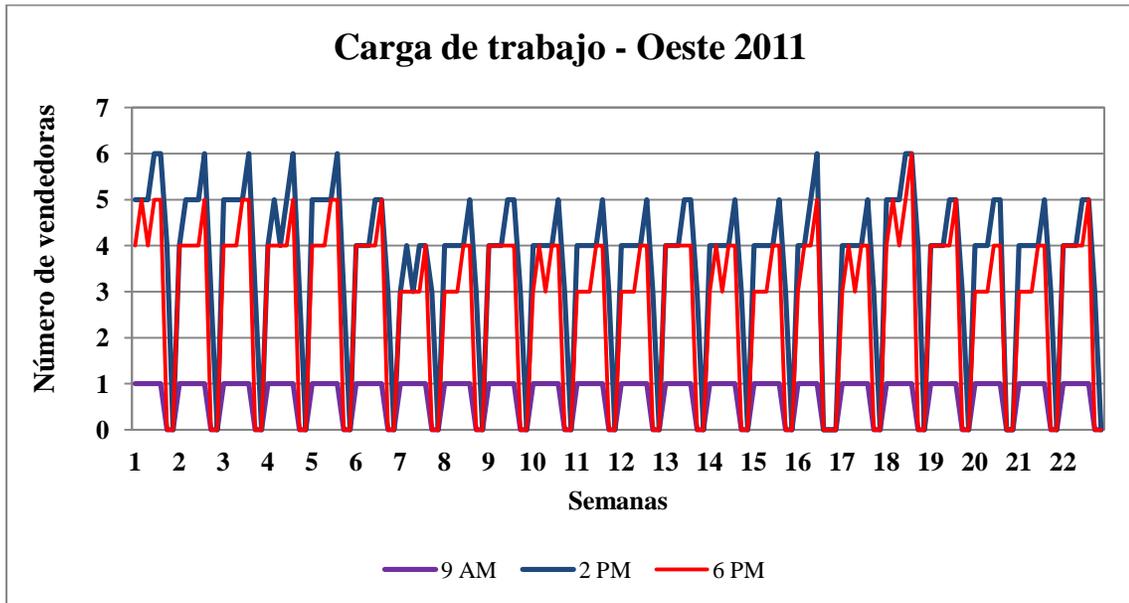
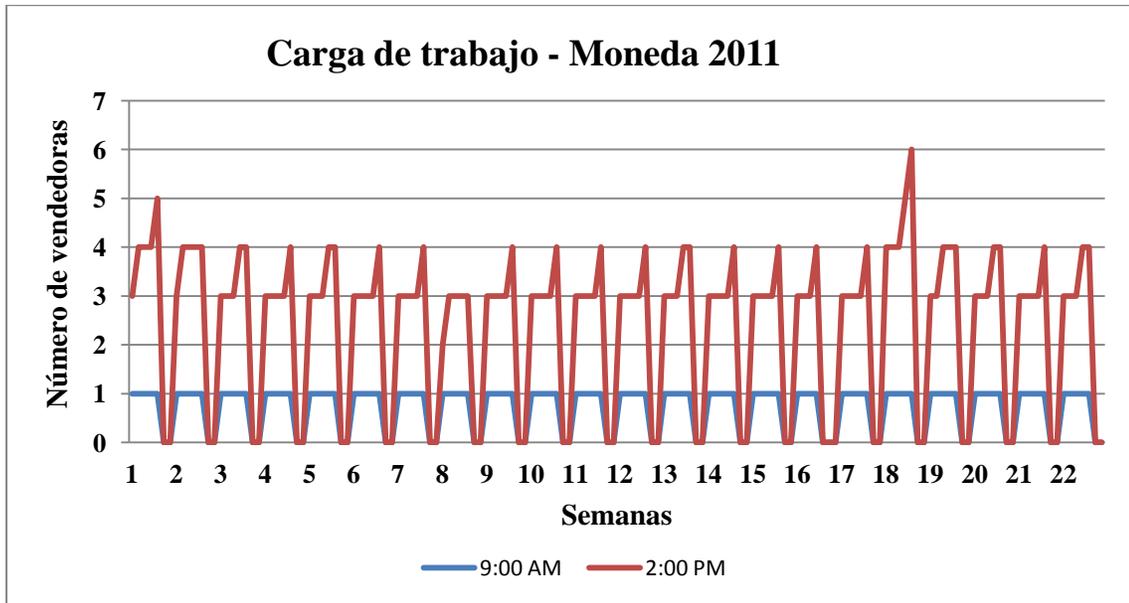


Ilustración N°19: Carga de trabajo asignada en Moneda de enero a mayo 2011 a las horas 9 am y 2 pm



ANEXO N°10: Código de modelo mensual por local Bulnes.
Fuente: Elaboración propia.

```
$title Scheduling
$onempty
;
sets

t/1,2,3,4,5,6,7/
*Codigo de días de la semana.

s/1,2,3,4/
*Código de semanas del mes.

f/AF,BF,CF,DF,EF,GF,HF,JF,KF,LF/
*Código de vendedoras full time.

p/AP,BP,CP,DP,EP,GP,HP,JP,KP,LP,MP,NP/
*Código de vendedoras part time

h/1*13/
*Código de horas

Horarioatencion(t,h)/(1,2,3,4,5).(2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
                        6.(2,3,4,5,6,7)/
*Indica los horarios de atención del local para cada día.

Horarionoatencion(t,h)/(1,2,3,4,5).(1,12,13)
                        6.(1,8,9,10,11,12,13)/
*Indica los horarios en que el local se encuentra cerrado para cada día.

bloquesinalmuerzo(h)/1,2,3,8,9,10,11,12,13/
*Indica las horas que pueden ser asignadas para almuerzo. Sólo vendedoras full time poseen hora de almuerzo.

bloquenoentradafull(t,h)/(1,2,3,4,5).(1,5,6,7,8,9,10,11,12,13)
                        6.(1,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13)/
*Indica las horas en que no puede entrar a trabajar una vendedora full time, se encuentra dado por el largo del turno.

bloquenoentradapart(t,h)/(1,2,3,4,5).(1,10,11,12,13)
                        6.(1,5,6,7,8,9,10,11,12,13)/
*Indica las horas en que no puede entrar a trabajar una vendedora part time, se encuentra dado por el largo del turno.

semana(t)/1,2,3,4,5/
*Días de lunes a viernes.

finsemana(t)/6,7/
*Días sábado y domingo.

alias(h,hh)
alias(t,tt)

;

Table carga(s,t,h)
$call =xls2gms r=a1:n29 i=Bulnes.xls o=hora.inc
```

\$include hora.inc

;

Parameter

Turnopart(t) /1=3,2=3,3=3,4=3,5=3,6=4,7=4/;

**Largo de turnos part time para los días de la semana.*

Parameters

Horasfullsemana

**Largo de turnos full time para los días de semana.*

Horasfullfinsemana

**Largo de turnos full time para los días de fin de semana.*

Diassemanafull

**Número de días de trabajo semanales sin considerar días libres.*

Diasmesfull

**Número de días de trabajo mensual sin considerar días libres.*

Fullmespasado

**Número de vendedoras full time que trabajaron el mes pasado.*

Costocontrato

**Costo de contratación de una vendedora full time y part time.*

Costodespido

**Costo de despido de una vendedora full time.*

Costohoraociosa

**Costo por hora ociosa.*

Salariofull

**Salario bruto del personal full time.*

Costoturnopartsemana

**Costo de turno part time para los días de semana dependiendo del largo del turno.*

Costoturnopartfinsemana

**Costo de turno part time para los días del fin de semana dependiendo del largo del turno.*

Minimopartsemana

**Cantidad mínima de horas que un part time debe trabajar a la semana en caso que esté asignado.*

Maximopartsemana

**Cantidad máxima de horas que un part time debe trabajar a la semana en caso que esté asignado.*

Domcerrado

**Indicador de si el domingo se encuentra cerrado el local. Si Domcerraro=1 indica que el local está cerrado el día domingo.*

Sabcerrado

**Indicador de si el sábado se encuentra cerrado el local. Si Sabcerraro=1 indica que el local está cerrado el día sábado.*

Almuerzofinsemanafull

**Indicador de si el fin de semana el personal full time tiene derecho a almuerzo, esto dependerá de si el turno de trabajo es mayor a 5 horas.*

;

Horasfullsemana=8;

Horasfullfinsemana=5;

Diassemanafull=6;

Diasmesfull=24;

Fullmespasado=4;

Costocontrato=25000;

Costodespido=571000;

Costohoraociosa=1500;

```
Salariofull=182000;
Costoturnopartsemana=4200;
Costoturnopartfinsemana=5700;
Minimopartsemana=10;
Maximopartsemana=28;
Domcerrado=1;
Subcerrado=0;
Almuerzofinsemanafull=0;
```

Binary Variables

```
HAF(f,s,t,h)
*Variable que asigna la hora de almuerzo a una vendedora full time.
HEF(f,s,t,h)
*Variable que asigna la hora de entrada a una vendedora full time.
HEP(p,s,t,h)
*Variable que asigna la hora de entrada a una vendedora part time.
CFM(f)
*Variable que asigna a trabajar a una vendedora full time en el mes.
CPM(p)
*Variable que asigna a trabajar a una vendedora part time en el mes.
CPS(p,s);
*Variable que asigna a trabajar a una vendedora part time en la semana.
```

Integer Variables

```
SUMAHO(s,t)
*Suma de las horas ociosas generadas por día y semana.
SUMAPS
*Suma de turnos totales asignados para los días de lunes a viernes.
SUMAPF
*Suma de turnos totales asignados para los días sábado y domingo.
COFM
*Cantidad de vendedoras full time contratadas en el mes de estudio.
DFM
*Cantidad de vendedoras full time despedidas en el mes de estudio.
I(s,t,h)
*Cantidad de horas ociosas generadas a la hora h del día t de la semana s.
CF(s,t,h)
*Cantidad de vendedoras full time trabajando a la hora h del día t de la semana s.
CP(s,t,h)
*Cantidad de vendedoras part time trabajando a la hora h del día t de la semana s.
;
```

Variable

```
obj;
```

Equations

```
Objetivo
Quiebredesimetriafull(f)
Quiebredesimetriapart(p)
Contratodespido
Despido
Condiciondebordedespido
Dosedomingoslibres(f)
Maximohoraspartsemana(p,s)
```

```

Minimohoraspart (p,s)
Domingocerrado (s)
Sabadocerrado (s)
Trabajosemanalfull (f,s)
Trabajomensualfull (f)
Asignacionpartmensual (s,p)
Unicaentradafull (f,s,t)
Horanoentrada part (p,s,t,h)
Horanoentradafull (f,s,t,h)
DiahoraentradaFull (f,s,t,h)
Horasemanapart (p,s,t,h)
Cantidadvendedoresfullsemana (s,t,h)
Cantidadvendedoresfullfinsemana (s,t,h)
Cantidadvendedorespartsemana (s,t,h)
Cantidadvendedorespartfinsemana (s,t,h)
Minimofullhora (s,t,h)
Noatienden (s,t,h)
CumplimientocargaHoraria (s,t,h)
Horasocios (s,t,h)
Mensualfull (f)
Mensualpart (p)
Unicahoraalmuerzo (f,s,t)
Bloquenoalmuerzo (f,s,t)
Sumahorasocios (s,t)
Sumaturnossemanapart
Sumaturnosfinsemanapart

;

Objetivo..obj=e=Costodespido*DFM+Costocontrato*(COFM+sum(p,CPM(p))) +
sum((s,t,h),I(s,t,h))*Costohoraociosa + sum(f,CFM(f))*Salariofull +
sum((p,s,t,h)$semana(t),HEP(p,s,t,h))*Costoturnopartsemana +
sum((p,s,t,h)$finsemana(t),HEP(p,s,t,h))*Costoturnopartfinsemana;
Quibredesimetriafull (f) ..CFM(f)=g=CFM(f+1);
Quibredesimetriapart (p) ..CPM(p)=g=CPM(p+1);
Contratodespido..Fullmespasado+COFM-DFM=e=sum(f,CFM(f));
Despido..DFM=l=Fullmespasado;
Condiciondebordedespido..DFM+COFM=g=0;
Dosdomingoslibres (f) ..sum((s,h),HEF(f,s,'7',h))=l=2*CFM(f);
Maximohoraspartsemana (p,s) ..sum((t,h)$semana(t),HEP(p,s,t,h))*Turnopart(t)=l=M
aximopartsemana*CPS(p,s);
Minimohoraspart (p,s) ..sum((t,h)$semana(t),HEP(p,s,t,h))*Turnopart(t)=g=Minimop
artsemana*CPS(p,s);
Domingocerrado (s) ..Domcerrado*(sum((h,f),HEF(f,s,'7',h))+sum((h,p),HEP(p,s,'7',
h)))=e=0;
Sabadocerrado (s) ..Sabcerrado*(sum((h,f),HEF(f,s,'6',h))+sum((h,p),HEP(p,s,'6',
h)))=e=0;
Trabajosemanalfull (f,s) ..sum((t,h),HEF(f,s,t,h))=g=Diassemanalfull*CFM(f);
Trabajomensualfull (f) ..sum((h,t,s),HEF(f,s,t,h))=e=Diasmesfull*CFM(f);
Asignacion partmensual (s,p) ..CPM(p)=g=CPS(p,s);
Unicaentradafull (f,s,t) ..sum(h,HEF(f,s,t,h))=l=1;
Horanoentrada part (p,s,t,h) $bloquenoentrada part (t,h) ..HEP(p,s,t,h)=e=0;
Horanoentradafull (f,s,t,h) $bloquenoentradafull (t,h) ..HEF(f,s,t,h)=e=0;
DiahoraentradaFull (f,s,t,h) ..HEF(f,s,t,h)=g=HEF(f,s,t+7,h);
Horasemanapart (p,s,t,h) ..1-HEP(p,s,t,h)=g=sum(hh,HEP(p,s,t,hh))$((ord(h) le
(ord(h) + Turnopart(t)-1)) and (ord(hh) ge (ord(h)+1)));
Cantidadvendedoresfullsemana (s,t,h) $semana(t) ..sum((f,hh)$ (ord(hh) ge (ord(h) -
(Horasfullsemana-1)) and (ord(hh) le ord(h)) and (ord(hh) ge 0)),HEF(f,s,t,hh))-
sum(f,HAF(f,s,t,h))=e=CF(s,t,h);

```

```

Cantidadvendedoresfullfinsemana (s,t,h) $finsemana (t) .. sum ( (f,hh) $ (ord (hh) ge (ord
(h) - (Horasfullfinsemana-1)) and (ord (hh) le ord (h)) and (ord (hh) ge
0)) ,HEF (f,s,t,hh)) -sum (f,HAF (f,s,t,h)) *Almuerzofinsemanafull=e=CF (s,t,h) ;
Cantidadvendedorespartsemana (s,t,h) $semana (t) .. sum ( (p,hh) $ ( (ord (hh) ge (ord (h) -
(Turnopart (t)-1)) and (ord (hh) le ord (h)) ) ,HEP (p,s,t,hh)) =e=CP (s,t,h) ;
Cantidadvendedorespartfinsemana (s,t,h) $finsemana (t) .. sum ( (p,hh) $ ( (ord (hh) ge (or
d (h) - (Turnopart (t)-1)) and (ord (hh) le ord (h)) ) ,HEP (p,s,t,hh)) =e=CP (s,t,h) ;
Minimofullhora (s,t,h) $Horarioatencion (t,h) .. CF (s,t,h)=g=1;
Noatienden (s,t,h) $Horarioatencion (t,h) .. CF (s,t,h)+CP (s,t,h)=e=0;
CumplimentocargaHoraria (s,t,h) .. CF (s,t,h)+CP (s,t,h)=g=round (carga (s,t,h) *0.9)
;
Horasociosas (s,t,h) .. CF (s,t,h)+CP (s,t,h) -round (carga (s,t,h) *0.9)=e=I (s,t,h) ;
Mensualfull (f) .. CFM (f)=l=1;
Mensualpart (p) .. CPM (p)=l=1;
Unicahoraalmuerzo (f,s,t) .. sum (h,HAF (f,s,t,h)) =e=sum (h,HEF (f,s,t,h)) $semana (t) +
(1-Domcerrado) *sum (h,HEF (f,s,t,h)) $finsemana (t) ;
Bloqueoalmuerzo (f,s,t) .. sum (h,$bloquesinalmuerzo (h) ,HAF (f,s,t,h)) =e=0;
Sumahorasociosas (s,t) .. sum (h,I (s,t,h)) =e=SUMAHO (s,t) ;
Sumaturnossemanapart .. sum ( (p,s,t,h) $semana (t) ,HEP (p,s,t,h)) =e=SUMAPS;
Sumaturnosfinsemanapart .. sum ( (p,s,t,h) $finsemana (t) ,HEP (p,s,t,h)) =e=SUMAPF;
model Scheduling /ALL/;

Scheduling.optcr=0.01;
option SysOut=On;
option mip=cplex;
solve Scheduling using mip minimizing obj;

```

ANEXO N°11: En la Tabla N°46 se muestra la asignación de vendedoras full time realizada por la empresa para el mes de enero 2011.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°46: Asignación de la empresa de las vendedoras full time para enero 2011

Locales en estudio	Vendedoras full time enero 2011
Bulnes	4
Prat	2
Matte	4
Norte	4
Oeste	6
Vespucio	6
Tobalaba	5
Moneda	4
Cousiño	6
Quilín	4
Apumanque	3
Maipú	6

ANEXO N°12: En la Tabla N°47 se muestra el resumen de los resultados del modelo mensual por local para los meses marzo a mayo 2011.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°47: Resumen resultados modelo mensual por local de marzo a mayo 2011

Mes: Marzo 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo (\$)	Contratos full time	Despidos full time
Bulnes	4	1	3	4	20	0	122	1.020.000	0	0
Prat	2	1	3	3	19	0	92	606.800	0	0
Matte	4	1	3	4	16	0	178	1.087.200	0	0
Norte	4	1	3	7	4	4	340	1.321.800	0	0
Oeste	6	1	3	7	4	4	537	1.981.300	0	0
Vespucio	6	1	3	7	4	4	495	1.918.300	0	0
Tobalaba	5	1	3	7	4	4	383	1.568.300	0	0
Moneda	4	1	4	-	12	-	230	1.166.400	0	0
Cousiño	6	1	3	4	8	4	300	1.623.400	0	0
Quilín	4	1	3	7	2	8	224	1.181.400	0	0
Apumanque	4	1	3	8	4	4	186	1.115.800	1	0
Maipú	6	0	0	0	0	0	599	1.990.500	0	0
Mes: Abril 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo (\$)	Contratos full time	Despidos full time
Bulnes	4	2	3	4	28	2	169	1.160.500	0	0
Prat	2	1	3	3	22	0	113	650.900	0	0
Matte	4	1	3	4	18	0	201	1.130.100	0	0
Norte	4	1	3	7	4	4	348	1.333.800	0	0
Oeste	6	0	0	0	0	0	539	1.900.500	0	0
Vespucio	6	1	3	7	4	4	506	1.934.800	0	0
Tobalaba	5	1	3	7	4	4	403	1.598.300	0	0
Moneda	4	1	4	-	12	-	247	1.191.900	0	0
Cousiño	6	1	3	4	9	4	337	1.683.100	0	0
Quilín	4	2	3	7	6	10	228	1.292.200	0	0
Apumanque	4	1	3	7	5	4	194	1.132.000	1	0
Maipú	6	0	0	0	0	0	599	1.990.500	0	0
Mes: Mayo 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo (\$)	Contratos full time	Contratos part time

Bulnes	4	4	3	4	60	11	167	1.393.200	0	4
Prat	2	2	3	3	31	5	102	718.200	0	2
Matte	4	3	3	4	40	9	190	1.307.300	0	3
Norte	4	1	3	7	4	4	310	1.276.800	0	1
Oeste	6	1	3	7	3	5	518	1.959.100	0	1
Vespucio	6	2	3	7	9	9	386	1.853.300	0	2
Tobalaba	5	2	3	7	9	10	376	1.666.800	0	2
Moneda	4	1	4	-	15	-	185	1.116.000	0	1
Cousiño	6	1	3	4	16	2	275	1.608.100	0	1
Quilín	4	3	3	7	22	16	253	1.442.900	0	3
Apumanque	4	2	3	7	21	6	216	1.278.200	1	2
Maipú	6	1	3	7	3	5	554	2.013.100	0	1

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N°13: En la tabla N°48 se muestra el resumen de los resultados del modelo cuatrimestral por local para los meses marzo y abril 2011.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°48: Resumen resultados modelo cuatrimestral por local de marzo y abril 2011

Mes: Marzo 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo	Contratos full time	Despidos full time
Bulnes	4	1	3	4	20	0	122	1020000	0	0
Prat	2	1	3	3	19	0	92	606800	0	0
Matte	3	1	3	4	33	0	69	813100	0	0
Norte	4	1	3	7	4	4	340	1321800	0	0
Oeste	4	2	3	7	6	11	268	1320700	0	0
Vespucio	4	2	3	7	8	9	218	1233100	0	0
Tobalaba	4	1	3	7	4	5	229	1165800	0	0
Moneda	3	1	4	-	17	0	73	751900	0	0
Cousiño	4	2	3	4	48	0	84	1105600	0	0
Quilín	4	1	3	7	2	8	224	1181400	0	0
Apumanque	4	1	3	7	4	4	186	1090800	0	0
Maipú	4	1	3	7	4	4	315	1284300	0	0
Mes: Abril 2011										
	Full time	Part time	Tipo turno semana	Tipo turno fin semana	Número de turnos semana	Número de turnos fin semana	Horas ociosas	Función objetivo	Contratos full time	Despidos full time

Bulnes	4	2	3	4	28	2	169	1160500	0	0
Prat	2	1	3	3	22	0	113	650900	0	0
Matte	3	2	3	4	34	2	95	892700	0	0
Norte	4	1	3	7	4	4	351	1338300	0	0
Oeste	4	1	3	7	3	6	266	1227600	0	0
Vespucio	4	2	3	7	8	9	229	1249600	0	0
Tobalaba	4	2	3	7	7	9	283	1326400	0	0
Moneda	3	1	4	-	18	0	93	786100	0	0
Cousiño	4	2	3	4	49	0	121	1165300	0	0
Quilín	4	2	3	7	7	9	252	1279900	0	0
Apumangu e	4	1	3	7	4	4	191	1098300	0	0
Maipú	4	1	3	7	3	5	319	1296600	0	0

ANEXO N°14: Modelo intercambio de personal part time.

Fuente: Elaboración propia.

\$title Scheduling

\$onempty

;

sets

t/1,2,3,4,5,6,7/

**Codigo de días de la semana.*

s/1,2,3,4/

**Código de semanas del mes.*

**p/AP,BP,CP,DP,EP,FP,GP,HP,IP,JP,KP,LP,MP,NP,OP,QP,RP,SP,TP,UP,VP,WP,XP,YP,ZP,A
AP,ABP,ACP,ADP,AEP,AFP,AGP,AHP,AIP,AJP,AKP,ALP,AMP/**

**Código de vendedoras part time*

h/1*13/

**Código de horas*

**l/bulnes,prat,matte,norte,oeste,vespucio,tobalaba,moneda,cousino,quilin,apuman
que,maipu/**

**Locales en estudio.*

preferidasemana (p) /OP,QP,RP,SP/

semana (t) /1,2,3,4,5/

finsemana (t) /6,7/

alias (h, hh)

alias (t, tt)

alias (l, ll)

;

Table carga (l, h, s, t)

```

$call =xls2gms r=a1:ac157 i=cargaintercombio.xls o=horaempresa.inc
$include horaempresa.inc
;
Table Preferencia(l,t,p)
$call =xls2gms r=a1:am85 i=Preferencias.xls o=intercambio.inc
$include intercambio.inc
;

```

```

Table turno(l,t)
      1 2 3 4 5 6 7
bulnes 3 3 3 3 3 4 0
prat    3 3 3 3 3 4 0
matte   3 3 3 3 3 3 0
norte   3 3 3 3 3 7 7
oeste   3 3 3 3 3 7 7
vespucio 3 3 3 3 3 7 7
tobalaba 3 3 3 3 3 7 7
moneda  4 4 4 4 4 0 0
cousiño 3 3 3 3 3 4 0
quilin  3 3 3 3 3 7 7
apumanque 3 3 3 3 3 7 7
maipu   3 3 3 3 3 7 7;

```

Parameters

Minpart

**Mínimo de horas que una vendedora part time puede trabajar semanalmente, en caso que sea asignada*

Maxpart;

**Máximo de horas que una vendedora part time puede trabajar semanalmente, en caso que sea asignada*

Minpart=10;

Maxpart=28;

Binary Variables

CPM(p)

**Asignación de la vendedora p para trabajar en el mes de estudio.*

HEP(p,l,s,t,h)

**Asignación de la hora de entrada a la vendedora p en la hora h del día t y de la semana s.*

CPS(p,s)

**Asignación de la vendedora p para trabajar la semana s.*

;

Integer Variables

I(l,s,t,h)

**Cantidad de horas ociosas generadas por la asignación*

PA(p,l,s,t,h)

**Preferencia asignada por el modelo para la vendedoras p.*

;

Variable

obj;

Equations

Objetivo

```
Maximohoraspartsemana (p,s)
Minimohoraspartsemana (p,s)
Cumplimientoturnospart (l,s,t,h)
Entradasturnopart (p,s,t,h)
Minimosemanaspart (p)
Sumapreferencias (h,s,t,p)
Asignacionpartmensual (p,s)
Asignacionpreferencias (p,h,t,l,s)
Controlpreferencias (p,l,s,t,h)
Asignaciontrabajomensualpart (p)
;
```

```
Objetivo..obj=e=sum((p,l,s,t,h),PA(p,l,s,t,h))+sum(p,CPM(p));
Maximohoraspartsemana (p,s)..sum((h,t,l),HEP(p,l,s,t,h)*turno(l,t))=l=Maxpart*C
PS(p,s);
Minimohoraspartsemana (p,s)..sum((h,t,l),HEP(p,l,s,t,h)*turno(l,t))=g=Minpart*C
PS(p,s);
Cumplimientoturnospart (l,s,t,h)..sum(p,HEP(p,l,s,t,h))=e=carga(l,h,s,t);
Entradasturnopart (p,s,t,h)..(1-
sum(l,HEP(p,l,s,t,h)))=g=sum((l,hh),HEP(p,l,s,t,hh))$( (ord(hh) le
(ord(h)+turno(l,t)-1)) and (ord(hh) ge (ord(h)+1))));
Minimosemanaspart (p)..sum(s,CPS(p,s))=g=3*CPM(p);
Sumapreferencias (h,s,t,p)..sum(l,HEP(p,l,s,t,h))=l=1;
Asignacionpartmensual (p,s)..CPM(p)=g=CPS(p,s);
Asignacionpreferencias (p,h,t,l,s)..HEP(p,l,s,t,h)*Preferencia(l,t,p)=e=PA(p,l,
s,t,h);
Controlpreferencias (p,l,s,t,h)$preferidasemana (p)..PA(p,l,s,t,h)=l=2*CPM(p);
Asignaciontrabajomensualpart (p)$preferidasemana (p)..CPM(p)=e=1;
```

```
model Scheduling /ALL/;
```

```
Scheduling.iterlim=120000;
Scheduling.reslim=60000;
Scheduling.optcr=0.1;
option mip=cplex;
solve Scheduling using mip minimizing obj;
```

ANEXO N°15: En la tabla N°49 se muestra la comparación de los resultados del modelo de intercambio de personal part time con y sin control de asignaciones de preferencias.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°49: Comparación resultados modelo intercambio con la incorporación de manejo de prioridades

Nivel	Asignaciones Febrero		Asignaciones Febrero (%)	
	Modelo intercambio	Modelo intercambio modificado	Modelo intercambio	Modelo intercambio modificado
1	177	174	64,1	63,0
2	41	44	14,9	15,9
3	34	33	12,3	12,0
4	14	14	5,1	5,1
5	8	9	2,9	3,3
6	1	1	0,4	0,4
7	1	0	0,4	0,0
8	0	0	0,0	0,0
9	0	1	0,0	0,4
10	0	0	0,0	0,0
11	0	0	0,0	0,0
12	0	0	0,0	0,0
Total	481	481	100	100

ANEXO N°16: En la tabla N°50 se muestra una comparación entre los resultados del modelo de intercambio de personal part time con y sin la inclusión del manejo de asignación de preferencias, para el mes de Febrero 2011.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°50: Comparación de modificaciones sobre asignaciones globales por semana de modelo de intercambio de personal

	Modelo intercambio	Modelo intercambio modificado
Vendedoras part time mensuales	21	23
Promedio semanas de trabajo por vendedora	3,67	3,43
Vendedoras semana 1	21	23
Vendedoras semana 2	20	21
Vendedoras semana 3	18	19
Vendedoras semana 4	18	16

ANEXO N°17: En la Ilustración N°20 se presenta la cantidad de vendedoras asignadas por la empresa versus la carga de trabajo calculada para el día 24 de diciembre del año 2010.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración N°20: Vendedoras asignadas versus carga de trabajo calculada para el 24 de diciembre 2010.

