

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

**DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE
PERSONAL EN UNA CONSULTORA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PABLO ANDRÉS SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ

PROFESOR GUÍA:
RICADO SAN MARTÍN ZURITA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PATRICIO CONCA KEHL
ROBERTO COMINETTI COTTI-COMETTI

SANTIAGO DE CHILE
2013

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: PABLO ANDRÉS SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ
FECHA: 22/09/2013
PROF. GUÍA: SR. RICARDO SAN MARTÍN ZURITA

DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE PERSONAL EN UNA CONSULTORA

El presente trabajo de título tiene como objetivo reducir el tiempo de las reuniones que tienen como fin, preparar la planilla de asignaciones de los consultores a los diferentes proyectos. Actualmente este proceso se lleva a cabo tras 2 días de reuniones, por parte del CEO, del gerente de consultoría y del gerente de cuentas corporativas, donde se solicitan consultores que trabajen en proyectos determinados y posteriormente se construye la planilla. Esto genera costos de horas/hombre que ascienden a los \$600.000 mensuales, afecta directamente a la captación de nuevos clientes y proyectos potenciales por parte de los gerentes y produce retrasos en la ejecución de algunos proyectos.

La metodología que se utilizó para resolver el problema, considera 2 distintos modelos de programación lineal entera, el primero minimiza los costos de asignación, mientras que el segundo minimiza una calificación de desempeño del consultor en cierto tipo de proyecto, donde a menor calificación, mejor el desempeño. Para la construcción del modelo, se trato de representar la realidad de la empresa, usando las restricciones correspondientes y 3 bases de datos distintas, la primera tiene la función de saber cómo el modelo realiza las asignaciones, la segunda representa una situación real de la empresa que enfrenta la demanda de 15 proyectos, y la tercera representa una situación de alta demanda con 20 proyectos. Con tal de obtener soluciones factibles, se incorporó a un consultor multifacético, que tiene como características la de ser muy costos, posee una evaluación mediocre en la calificación de desempeño y posee gran cantidad de oferta laboral, esto para que el modelo lo asigne, siempre y cuando no exista otra opción.

Los resultados obtenidos muestran que, para la situación de 15 proyectos, el costo de horas ociosas del modelo 1 es \$412.500 mensual más caro al del modelo 2, y para la situación de 20 proyectos, la diferencia desciende a \$125.625. Sin embargo, el primer modelo tiene la ventaja de que al dejar consultores más capacitados con horas ociosas, es posible que al existir la nueva incorporación de un proyecto potencial, éstos se desempeñen de mejor manera y satisfagan las necesidades del cliente.

Se concluye que ambos modelos entregaron soluciones factibles para la asignación de consultores. El modelo 1 es de fácil implementación, debido a los parámetros que posee, en cambio el modelo 2, es levemente más complicado conseguir los valores de clasificación de desempeño. Se recomienda usar el modelo al momento de enfrentar un nuevo proyecto, con el fin de saber qué y cuanta oferta laboral hace falta para satisfacer la demanda completamente.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quiero agradecer a mi familia, padres y hermanos, por el apoyo que me han entregado durante el largo viaje de esta carrera. Sin su esfuerzo esto no sería posible. Gracias por el cariño, por siempre estar ahí cuando más los necesitaba y por ayudarme a cumplir una de mis metas en la vida.

Gracias a Paula por su amor, por soportarme y apoyarme incondicionalmente en todo momento. Siempre levantándome, dando ánimos y entregando todo con tal de que seamos felices. Agradezco a nuestro hijo Matías, que cada día que pasa me alegra la vida con tal solo saber que él está ahí, sonriendo y sin que lo sepa, ayudándome a salir adelante.

También quiero agradecer a mis amigos que me apoyaron por todo el camino de la universidad. Desde el primer año estudiando en conjunto, compartiendo y haciendo mucho más agradable el ir a clases. Gracias a todos ellos por la buena onda, la convivencia y los conocimientos que me entregaron.

Finalmente agradecer a los profesores miembros de la comisión, Ricardo San Martín, Patricio Conca y Roberto Cominetti por sus comentarios, aportes, críticas y consejos, que me otorgaron una visión clara para el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	4
3. OBJETIVOS	7
3.1 OBJETIVO GENERAL	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4. MARCO CONCEPTUAL.....	8
5. METODOLOGÍA.....	10
6. ALCANCES	12
7. DESARROLLO METODOLOGICO	13
7.1 CREACIÓN DATAMART	13
7.2 DATOS	14
7.3 DEFINICIÓN DE LOS ROLES DE CONSULTORES.....	16
7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS EN LA EMPRESA.....	18
8. RESULTADOS ESPERADOS.....	19
9. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.....	20
9.1 ELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO	20
ÍNDICES.....	20
PARÁMETROS.....	21
VARIABLE DE DECISIÓN	22
RESTRICCIONES	22
FUNCIÓN OBJETIVO.....	24
10. RESULTADOS	26
10.1 BASE DE DATOS DE 34+1 CONSULTORES Y 10 PROYECTOS	27
10.2 BASE DE DATOS 44+1 CONSULTORES Y 15 PROYECTOS.....	31
10.3 BASE DE DATOS 44+1 CONSULTORES Y 20 PROYECTOS	35
10.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO 2.....	42
10.5 PLANILLAS DE ASIGNACIÓN	46
11. CONCLUSIONES.....	47
11.1 CONCLUSIONES GENERALES	47
11.2 RECOMENDACIONES.....	48

12. BIBLIOGRAFÍA	50
13. ANEXOS	51
13.1 Anexo A	51
13.2 Anexo B	51
13.3 Anexo C	52
13.4 Anexo D	52
13.5 Anexo E	53
13.6 Anexo F	53
13.7 Anexo G	54
13.8 Anexo H	54
13.9 Anexo I	55
13.10 Anexo J	55
13.11 Anexo K	56
13.12 Anexo L	56
13.13 Anexo M	57
13.14 Anexo N	57
13.15 Anexo O	58
13.16 Anexo P	58
13.17 Anexo Q	59
13.18 Anexo R	59
13.19 Anexo S	60
13.20 Anexo T	60
13.21 Anexo U	61
13.22 Anexo V	61
13.23 Anexo W	62
13.24 Anexo X	65
13.25 Anexo Y	67
13.26 Anexo Z	73
13.27 Anexo AA	76
13.28 Anexo AB	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Índices nominales de venta de servicios del sector TIC durante período 2006-2012.....	2
Ilustración 2: Índices nominales de venta de servicios del sector TIC durante período Enero 2011 - Junio 2012.....	2
Ilustración 3: Modelo Datamart de entidad-relación.....	13
Ilustración 4: Distribución de roles de consultores (i).....	17
Ilustración 5: Distribución de roles de consultores (ii).....	17
Ilustración 6: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD1, consultores i01-i18.....	27
Ilustración 7: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD1, consultores i01-i18.....	27
Ilustración 8: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD1, consultores i19-i35.....	28
Ilustración 9: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD1, consultores i19-i35.....	28
Ilustración 10: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD1, consultores i01-i18.....	29
Ilustración 11: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD1, consultores i01-i18.....	29
Ilustración 12: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 1, BD1.....	30
Ilustración 13: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 2, BD1.....	30
Ilustración 14: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD2, consultores i19-i34.....	32
Ilustración 15: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD2, consultores i19-i34.....	32
Ilustración 16: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 1, BD2.....	34
Ilustración 17: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 2, BD2.....	34
Ilustración 18: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD3,.....	36
Ilustración 19: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD3,.....	36
Ilustración 20: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD3, consultores i19-i34.....	37
Ilustración 21: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD3, consultores i19-i34.....	38
Ilustración 22: Distribución de costo de porcentajes ociosos mensuales FO 1, DB3.....	41
Ilustración 23: Distribución costo de porcentajes ociosos mensuales FO 2, DB3.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de conocimientos de consultores.....	15
Tabla 2: Carta gantt proyecto implementación Demantra.....	18
Tabla 3: Malla de asignaciones de consultores en distintos proyectos.....	19
Tabla 4: Costo total ocioso.....	33
Tabla 5: Suma total de porcentaje de asignación de los practicantes del modelo 1.....	33
Tabla 6: Suma total de porcentaje de asignación de los practicantes del modelo 2.....	33
Tabla 7: Cantidad de proyectos asignados a consultores agrupados por rol.....	35
Tabla 8: Media de porcentaje ocioso de consultores agrupados por rol.....	37
Tabla 9: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 1.....	38
Tabla 10: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 2.....	38
Tabla 11: Porcentajes ociosos de consultores T1 y Senior para la semana 1 y 2, del modelo 1.....	39
Tabla 12: Porcentajes ociosos de consultores T1 y Senior para la semana 1 y 2, del modelo 2.....	40
Tabla 13: Costo total ocioso, BD3.....	40
Tabla 14: Costo total ocioso excluyendo jefes de proyecto, BD3.....	41
Tabla 15: Costo total ocioso excluyendo jefes de proyecto y consultores senior, BD3.....	42
Tabla 16: Cantidad de proyectos asignados a consultores agrupados por rol para evaluaciones manual y aleatoria.....	42
Tabla 17: Media de porcentaje ocioso de consultores agrupados por rol para calificaciones manuales y aleatorias.....	43
Tabla 18: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 2 usando calificaciones manuales.....	44
Tabla 19: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 2 usando calificaciones aleatorias.....	44
Tabla 20: Porcentajes ociosos de consultores T1 del modelo 2 con calificaciones manuales para la semana 1 y 2.....	44
Tabla 21: Porcentajes ociosos de consultores T1 del modelo 2 con calificaciones aleatorias para la semana 1 y 2.....	45
Tabla 22: Costo total ocioso del modelo 2 para calificaciones manuales y aleatorias.....	45
Tabla 23: Valor de la función objetivo del modelo 2 para calificaciones manuales y aleatorias.....	45

1. INTRODUCCIÓN

KR Consulting es una empresa consultora que se dedica principalmente a la implantación de iniciativas de Business Intelligence, Performance Management y Business Analytics, proporcionando soluciones tecnológicas de gestión a usuarios de negocios así como apoyo a la toma de decisiones estratégicas en la organización. El tamaño actual de la empresa es de unas 50 personas, quienes desarrollan alrededor de 15 proyectos a la vez.

El concepto de Business Intelligence (BI), incluye una amplia categoría de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten reunir, acceder, transformar y analizar datos, transacciones e información no estructurada (interna y externa), con el propósito de ayudar al usuario de una compañía a tomar mejores decisiones de negocio. Esto se puede lograr, bien mediante la explotación directa (consulta, reportes, etc.) o haciendo uso del análisis y conversión del conocimiento [2].

Más allá de eso, BI puede intervenir en todos los procesos de las organizaciones, actuando en las tareas y actividades de los empleados, creando nuevas actividades y nuevas habilidades, mejorando la comunicación entre departamentos e incrementando la capacidad de reacción de la compañía.

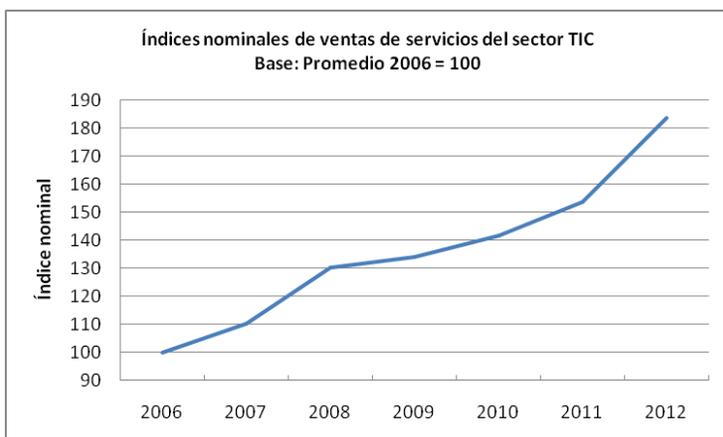
Business Analytics (BA), es el nivel de mayor avance en el análisis de datos para el apoyo a las decisiones empresariales y organizacionales. Las técnicas de datamining, textmining y optimización son incluidas en los procesos de toma de decisiones a través de la construcción de modelos que permiten operacionalizar desde la captura, procesamiento, uso de modelos y apoyo a la toma de decisiones. [3]

En Chile, las principales aplicaciones se han desarrollado en 3 áreas: 1) manejo de riesgo, 2) Pricing y Revenue Management, donde se utilizan técnicas de forecasting y optimización y 3) Customer Intelligence. BA, tiene sus inicios en las áreas comerciales, principalmente en el conocimiento de los clientes, y ha evolucionado hacia áreas operacionales donde existen desafíos de tomar decisiones en corto tiempo en base al análisis de una gran cantidad de datos. Pese a esto, la tendencia muestra que BA se incorpora cada vez más en procesos rutinarios enfocado al desarrollo de modelos predictivos. [3]

Si se pudiera identificar niveles de aplicación de BA en el país, cerca del 80% pueden ser calificados como aficionados, basados en el uso de planillas que permiten identificar algún nivel de reglas de operación; un 18% son denominados semi-profesionales, basados en modelos simples. Alejados de los procesos principales, y sólo un 2% son profesionales, que se integran a los procesos principales de las empresas, creando y utilizando modelos para la toma de decisiones.

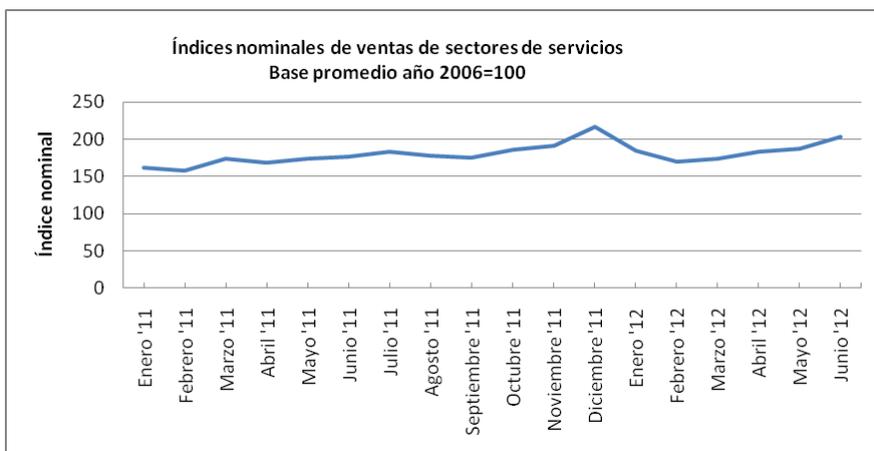
En Chile, durante los últimos años, ha existido un aumento en las ventas de servicios en el sector TIC por parte de las consultoras. Desde el año 2006 a la fecha, esta cifra ha aumentado en alrededor de un 80% como se puede ver en los gráficos que aparecen a continuación [1]:

Ilustración 1: Índices nominales de venta de servicios del sector TIC durante período 2006-2012¹



Fuente: INE, elaboración propia.

Ilustración 2: Índices nominales de venta de servicios del sector TIC durante período Enero 2011 - Junio 2012



Fuente: INE, elaboración propia.

Durante el año 2012, el promedio del índice nominal de ventas alcanza los 183,7, y se espera que siga en aumento. En Chile poco a poco las empresas chilenas han ido adoptando e integrando los conocimientos de Business Intelligence, Business Analytics y Performance Management, con el fin de apoyar la toma de decisiones estratégicas.

¹ Información abarca sólo hasta el mes de Junio del 2012.

Es por esta razón que KR Consulting no se ha quedado atrás, y actualmente ofrece una amplia variedad de servicios a usuarios de negocio, listados a continuación:

- Performance Management:
 - Strategy Management
 - Scorecards & Dashboards
 - Strategic Planning & Montecarlo Simulation
 - Budgeting & Forecasting
 - Profitability Models
 - Consolidation & International Financial Reporting Standards (IFRS)

- Business Analytics:
 - Customer Intelligence
 - Predictive Analysis
 - Data Mining
 - Revenue Management
 - Price Optimization

- Business Intelligence:
 - Management Reporting
 - OLAP Modeling
 - Data Warehousing
 - Data Integration

La estrategia de la empresa consiste en maximizar la rentabilidad, aumentando a su vez la calidad de sus servicios y sus consultores.

Dentro de los principales clientes que han buscado los servicios ofrecidos por la consultora, se encuentran clientes grandes como: Codelco, Arauco, D&S, Falabella, Itaú, Banco de Chile, TVN, Enx, Endesa, Telefónica, Walmart, entre otros.

La principal competencia que posee KR Consulting, son consultoras grandes, que ofrecen servicios similares. Entre ellas destacan: Accenture, Deloitte, Price Waterhouse, Intellego y Ernst&Young.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

KR Consulting posee un proceso definido y estándar para realizar un proyecto, que consiste en 7 etapas principales:

1. Acercamiento con el cliente.
2. Reuniones para ver interés del cliente.
3. Realización de prototipo.
4. Propuesta de solución.
5. Envío de propuesta al cliente.
6. Seguimiento de propuestas enviadas.
7. Inicio del proyecto.
 - Exploratorio y planificación.
 - Análisis de situación actual.
 - Diseño.
 - Construcción.
 - Puesta en marcha.

Cada una de estas etapas requieren distintas cantidades de horas de trabajo por parte de los consultores de la empresa. Las etapas iniciales necesitan mayor cantidad de horas por parte de gerentes, subgerentes, jefes de proyecto y consultores senior. Posteriormente, cuando se realizan prototipos, propuestas, el seguimiento y se inicia el proyecto propiamente tal, es necesario aumentar la dotación de consultores estándar con conocimientos de Business Intelligence, Performance Management y/o Business Analytics.

Debido a los diferentes conocimientos que puede poseer un consultor y a cómo ha sido su evolución y permanencia en la empresa, es posible generar los siguientes roles de consultores:

- Consultor técnico TI.
- Consultor business intelligence BI.
- Consultor senior.
- Jefe de proyecto.
- Gerente de proyecto.

Estos roles se diferencian principalmente en los tipos de herramientas y conocimientos que los caracterizan. Sin embargo, es posible asociar más de un rol a un consultor, dependiendo qué habilidades de ese consultor se necesitarán en un proyecto determinado.

KR consulting desarrolla alrededor de 15 proyectos en forma paralela, y dispone entre 40-45 consultores que deben cumplir con los objetivos y metas que cada gerente de proyecto establece. En cada proyecto, trabajan entre 3-4 consultores, que pueden desempeñar los distintos roles nombrados anteriormente.

Un problema relevante que enfrenta la consultora, es la asignación de los recursos para cada proyecto que está llevando a cabo, considerando el tiempo necesario, los costos, riesgos, alcances y principalmente el recurso humano.

Actualmente, la empresa no posee una PMO (Project Management Office), que se dedique a gestionar los proyectos, sino que se realizan reuniones semanales con tal de realizar las asignaciones de personal.

Los días jueves, cada jefe de proyecto o jefe de área de soporte, solicita cierta capacidad de los consultores existentes para los respectivos proyectos. En algunos casos se da que hay consultores sobre-sobresolicitados, y por el contrario, existen casos donde ciertos consultores no son requeridos.

Los días viernes, se reúnen el gerente de consultoría, el CEO, el gerente de cuentas corporativas y el subgerente de BI, para analizar las peticiones del día jueves. Ellos se encargan de ajustar la planilla y distribuyen la capacidad de los consultores en los distintos proyectos. El tiempo requerido semanalmente para realizar la asignación puede alcanzar las 3 horas (tomando en cuenta el día jueves y el viernes), lo que mensualmente lleva a un total de 12 horas.

Como existen múltiples consultores y proyectos, la asignación del recurso humano no es trivial, y requiere establecer un mecanismo que logre englobar todos esos consultores y proyectos. El mecanismo debe considerar las restricciones establecidas por la empresa tales como la cantidad de horas semanales que debe trabajar un consultor, que cierto tipo de proyectos necesitan ciertas cantidades de horas/consultor y horas/perfil que se deben cumplir, etc. Además, se debe tener en cuenta la apertura proyectos potenciales y el cierre de los proyectos que se encuentran en ejecución, con el fin de realizar asignaciones que incorporen estas variables y responder las preguntas ¿cuántos consultores faltarán? ¿cuántos se encuentran libres? ¿de qué rol?.

Una buena asignación de consultores, permitirá a la empresa disminuir la frecuencia de reuniones que tienen ese fin, generando los siguientes posibles beneficios:

- Disminución del tiempo de reunión semanal. Esto lleva a un ahorro mensual entre 40 y 50 horas/hombre, debido a la asistencia del CEO, de los gerentes de consultoría, de cuentas corporativas y del subgerente de BI. En términos monetarios, el costo de estas reuniones, varía entre los \$400.000 y \$600.000 mensuales.
- Aumentar la captación de nuevos clientes o proyectos potenciales. Esto se debe en consecuencia a la disminución de las horas/hombre usadas en este proceso de asignación, ya que al liberar algunas horas, el CEO y los gerentes, podrán desempeñar con mayor libertad su función de realizar las primeras reuniones de acercamiento con el cliente.
- Reducción de retrasos en la ejecución. Una planificación detallada permitirá transparentar los tiempos de ejecución al cliente, y en caso necesario reducirlo, asignando más recursos a ese proyecto. El sobrecosto se repercutirá al cliente o lo asumirá la empresa, pero informando al cliente para que esté al tanto del esfuerzo.
- Mayor grado de satisfacción del cliente, al observar una puesta en marcha del proyecto bien planificada.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Facilitar y reducir el tiempo actual de las reuniones para la asignación de consultores, mediante el desarrollo de un modelo que permita optimizar el recurso humano en los diferentes proyectos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la dotación óptima de consultores para cada uno de los proyectos, en función de los requerimientos y restricciones de la consultora.
- Realizar un análisis de sensibilidad del modelo que incorpore la apertura de nuevos proyectos potenciales y/o el cierre de algunos que están en ejecución.
- Disminuir el tiempo de las reuniones semanales.
- Entregar recomendaciones en caso de que no se logre satisfacer toda la demanda de trabajo de los proyectos.

4. MARCO CONCEPTUAL

El problema de optimización a desarrollar en esta memoria, corresponde a problemas de Scheduling, precisamente a "Staff Scheduling". Existen variados artículos, documentos y trabajos de investigación que se centran en dar soluciones a este tipo de problemas de asignación, que es conocido como "Nurse Scheduling problem", donde se dividen los turnos en tres grupos; los normales o estándar, los de cobertura y los de tiempo libre. Dado que las enfermeras, al ser trabajadoras polifuncionales, el problema encaja en la categoría NP-Hard, donde generalmente se buscan heurísticas para encontrar soluciones computacionales que entreguen soluciones en un tiempo razonable. [4]

Existen variados métodos que tratan de acercarse a la solución óptima, dentro de ellos se pueden encontrar:

1) Optimización o programación matemática: Métodos que buscan minimizar o maximizar la función objetivo, sujeto a una serie de restricciones, en función de variables y parámetros dados. El principal problema que se intenta resolver es de este tipo:

$$\max (\min f(x))_{x \in \Omega \subseteq \mathbb{R}^n}$$

Donde $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ es un vector que representa variables de decisión, $f(x)$ es denominada la función objetivo y representa o mide la calidad de las decisiones, y Ω es el conjunto de puntos, decisiones factibles o restricciones del problema. En este problema de asignación de personal, es posible tener como función objetivo, la minimización del costo de asignación o la disconformidad de asignar un consultor i a un proyecto j . [5]

2) Generación de columnas: En el caso en que un problema posea una gran cantidad de variables, y si se desea resolver el problema mediante "programación matemática", es necesario utilizar una herramienta extra para reducir la complejidad del problema. La generación de columnas, consiste en resolver problemas de programación lineal donde las columnas (variables del problema) no son conocidas o no es práctica generarlas explícitamente. Para resolver estos problemas, se empieza con un problema maestro, el cual es una relajación lineal del problema original, y debe tener una estructura relativamente simple, con tal de generar un número pequeño de columnas, suficientes para obtener una solución factible para el problema relajado. Después se genera un sub-problema (sub-problema de pricing), que permite identificar columnas (variables) adicionales que no han sido incluidas en el problema maestro y que mejoren el valor de la función objetivo. [6] y [7]. Este método aplicado al problema de asignación de personal, consiste en minimizar la disconformidad multiplicada por los patrones si son usados o no. En este caso, se define un patrón como la asignación propiamente tal, que define si un consultor i es asignado al proyecto j en la semana s . El número de patrones posibles es exponencial, debido a la cantidad de combinaciones que se pueden generar, sin embargo, lo que se hace es generar sólo un subconjunto de patrones. En la primera parte del problema, se eligen las mejores asignaciones, según la función objetivo que se posea, dentro de un conjunto conocido de asignaciones posibles. El

sub-problema, se usaría para proponer nuevas asignaciones que mejoren la solución actual del problema.

3) Branch & Bound: Método que permite desechar grandes cantidades de soluciones en las primeras etapas de optimización, debido a que el algoritmo se encarga de detectar en qué ramificación las soluciones dadas ya no están siendo óptimas, para "podar" esa rama del árbol y no continuar malgastando recursos y procesos en casos que se alejan de la solución óptima.

El problema es minimizar una función $f(x)$ de variables (x_1, x_2, \dots, x_n) sobre una región factible de soluciones, S :

$$\min_{x \in S} f(x)$$

En el caso de la asignación de personal de este problema, se consideraría una función objetivo que busca minimizar el costo de tener consultores trabajando en un patrón p , sujeto a restricciones de demanda de horas hombre y al número máximo de consultores por asignar.

5. METODOLOGÍA

- Revisión bibliográfica de las posibles soluciones a los problemas de optimización de asignación de personal. Se realizará una búsqueda de problemas similares con tal de identificar aspectos comunes y extraer información relevante para el desarrollo del modelo a través de papers, tesis, publicaciones, etc.
- Levantamiento de la información necesaria: sobre los procesos, conocimientos de los consultores para definir y obtener los roles, tipos de proyectos que se desarrollan actualmente en la empresa, con el fin de comenzar a recopilar la información y en caso de que la empresa no cuente con esta, comenzar a registrarla. Esto se llevará a cabo mediante reuniones periódicas y visitas programadas a la empresa. La idea de definir perfiles de consultores surge de [7], ya que en su ejemplo para realizar el scheduling de una facultad, inicialmente descompone el problema, considerando tipos de salas en vez de tomarlas en cuenta individualmente. Mantienen la idea de que las salas del mismo tipo pueden ser intercambiables. El modelo principal de programación lineal entera considera tipos de salas, y posteriormente que el scheduling es realizado, los cursos pueden ser asignados fácilmente a una sala en particular. En forma similar, es posible agrupar a los distintos consultores en perfiles (tipos), donde dependiendo de las capacidades y conocimientos que posean, serán derivados a cierto perfil en específico. Luego, dependiendo del tipo de proyecto y en qué fase se encuentra, será posible asociarlos con estos perfiles de consultores. [7]
- Elección y construcción del modelo a utilizar. Se procederá a escoger los elementos que pueden ser utilizados en el problema en particular, donde se definirán las variables de decisión del problema. Por otra parte, se construirán variables auxiliares que permitan identificar la cantidad de consultores trabajando en un determinado proyecto. Se deben formular las restricciones de un problema de asignación de personal, como restricciones horarias, laborales, de perfil, etc. Finalmente, se tendrá en mente considerar más de un modelo, con el fin de comparar cada uno de ellos y optar por el mejor, según análisis que se realizarán posteriormente.
- Programación del modelo. El software que se usará, será GAMS, con el fin de verificar la factibilidad del modelo y debido a las variadas herramientas de programación que posee, será posible modelar y resolver problemas de optimización, lineales, no-lineales, y mixtos. El sistema está adaptado a aplicaciones complejas y permite al usuario construir modelos robustos que pueden adaptarse a nuevas situaciones.
- Análisis de sensibilidad de los modelos planteados, donde se definirán indicadores necesarios con el fin de comparar los resultados de cada uno y proponer la mejor solución a la empresa.
- Estudio y análisis de casos en que exista una apertura de proyectos potenciales y/o cierre de algunos proyectos en ejecución. Esto tiene como fin mostrar a la

empresa como podría enfrentar un problema de asignación en el caso de que ocurran las situaciones mencionadas anteriormente, si es posible con la dotación actual de consultores cubrir esa demanda de trabajo de un nuevo proyecto, o cuantificar la cantidad de consultores que quedarían libres por el cierre de un proyecto.

- Entregar recomendaciones correspondientes en el caso que no se logre satisfacer la totalidad de la demanda o exista el ingreso de un nuevo proyecto potencial.

6. ALCANCES

En el trabajo contemplado se pretende desarrollar un modelo que permita a la empresa realizar una asignación óptima de los consultores en los diferentes proyectos, usando distintos roles que desempeñe cada consultor, para un horizonte de tiempo de 4 semanas.

También se considera desarrollar un análisis de casos o sensibilidad ante nuevos proyectos potenciales que emerjan debido a requerimientos de los clientes de la consultora. La idea es determinar el tiempo que van a requerir estos nuevos proyectos, analizando, si con la dotación de personal existente se puede cubrir ese proyecto, o si es necesario aumentar la dotación. O en el caso contrario, cuantificar la cantidad de consultores que quedan libres al momento de un cierre de un proyecto que se encuentra en ejecución.

No se contempla realizar la implementación del modelo al proceso de asignación en la empresa.

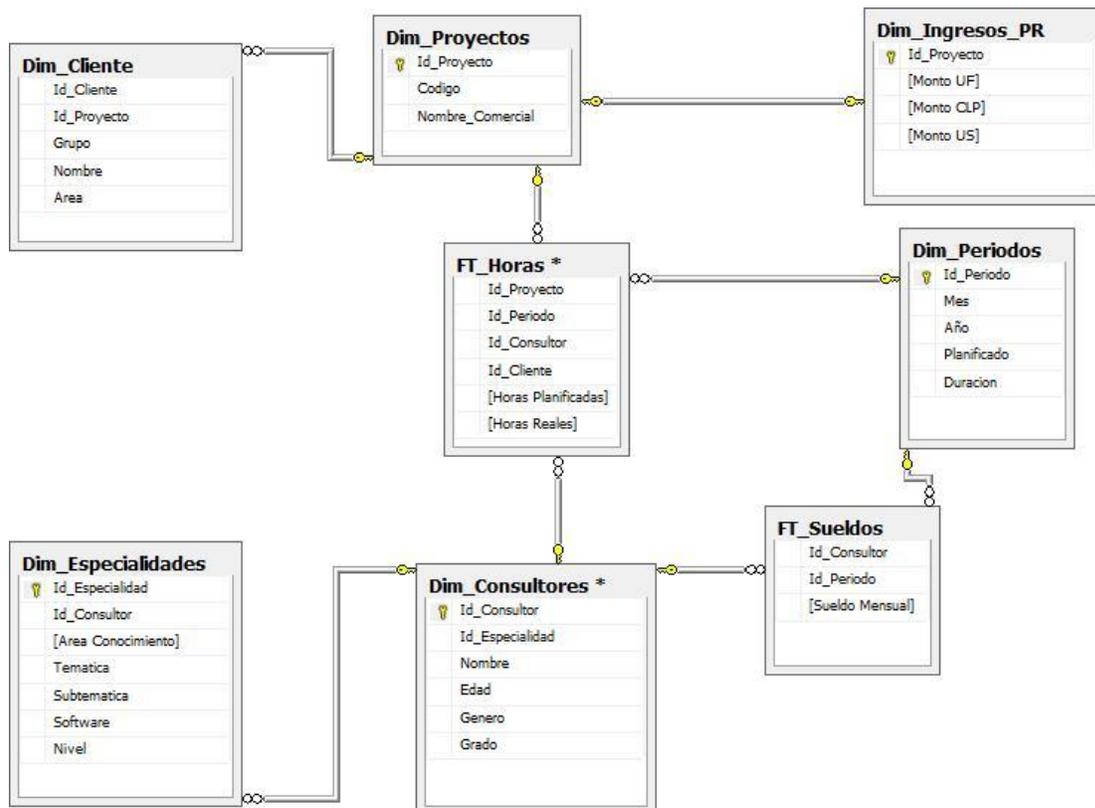
El umbral de tiempo considerado en el modelo es de 4 semanas, con tal de preparar los recursos disponibles en ese período. No se considerará un umbral más amplio, debido a la cantidad de variables y problemas con el modelo que se pueden generar.

7. DESARROLLO METODOLOGICO

7.1 CREACIÓN DATAMART

Primero que todo, se creó un modelo Datamart de entidad-relación, con el fin de obtener una base de datos consolidada, con el fin de facilitar el acceso a ella y poder realizar los análisis correspondientes. La idea de crear este modelo, también va dirigido a que esto mejora la conversación entre la base de datos propiamente tal, y el software en el que se desarrollará el modelo. En la figura 1, que se muestra a continuación, es posible observar el modelo ER.

Ilustración 3: Modelo Datamart de entidad-relación



Fuente: Elaboración propia

7.2 DATOS

Se trabajaron con los datos facilitados por la consultora, donde se pueden clasificar en 2 grupos:

- Base consultores.
- Base proyectos.

En el primer grupo, se encuentra toda la información necesaria, acerca de cada uno de los consultores que trabajan o han trabajado en la empresa. La información utilizada corresponde a la siguiente:

- Oferta semanal (jornada).
- Sueldo.
- Horas trabajadas.
- Conocimiento.
- Nivel de conocimiento.
- Rol.

Con respecto a las jornadas laborales, existen diferentes variaciones, donde se pueden observar jornadas de 45 horas semanales (jornada completa), otras de 36 horas semanales (jornada semi completa) y las jornadas part-time, donde la cantidad de horas trabajadas es variable. Dependiendo del tipo de jornada, cada consultor obtendrá un sueldo diferente especificado en la base de datos.

Las horas trabajadas, corresponde a datos históricos de los años 2012 y 2011, donde se registraron las horas efectivas de trabajo que realizó cada uno de los consultores en los diferentes proyectos.

El conocimiento y su nivel, corresponde principalmente a los estudios, capacidades y aptitudes que posee cada consultor. En estos datos, se pueden encontrar los siguientes campos:

- área de conocimiento.
- temática.
- subtemática.
- software

Dentro del área de conocimiento, se encuentran las categorías de business intelligence (BI), enterprise project management (EPM), business analytics (BA) y técnico en informática (TI).

Existe una ramificación de los conocimientos, que se puede visualizar en la siguiente tabla, donde el encabezado de cada columna corresponde al campo que se encuentra en la base de datos, que hace referencia principalmente a la temática y el software que cada consultor sabe usar:

Tabla 1: Tabla de conocimientos de consultores

area_conocimiento	tematica	subtematica	software
BI	Integración		ODI SQL
		Modelamiento	Cubo
	Datamart		Microsoft SQL Oracle Database Teradata
	Planning		Hyperion Planning HFM Planning
	Visualización	OBI Arcplan Business Object Clickview	
BA	Modelamiento	Demand Planning	Demantra - demand planning SAS - Enterprise Guide R
		Optimización	GAMS OPL SAS - Enterprise Guide
		Propensión de Compra	SPSS
		Propensión de Fuga	Matlab
		Impacto promociones	NA (Cualquier paquete estadístico)
BI/EPM	Levantamiento	Procesos	Modelos Fuentes de información
	Modelamiento	Cubo	Essbase
		Planning	Hyperion Planning
EPM	Implementación	Cubo	Essbase
	Modelamiento	Cubo	Essbase
	Soporte	Cubo	Essbase
TI	Soporte Infraestructura	Instalación/mantenición/migraciones	EPM OBIEE ODI Arcplan Vmware Sql Server Oracle BD Active Directory SVN Demantra

Fuente: Elaboración propia.

7.3 DEFINICIÓN DE LOS ROLES DE CONSULTORES

Por otra parte, el rol que cumple cada uno de los consultores, también está definido y se encuentra fuertemente relacionado con los conocimientos que posee. Existen 4 tipos de roles principales:

- Consultor TI.
- Consultor BI.
- Consultor Senior.
- Jefe de proyecto.

Es importante notar la diferencia entre rol y conocimiento. Si se considera como ejemplo a un consultor BI, este puede tener conocimientos de BI, EPM y BA, considerando también las diferentes temáticas posibles, softwares y niveles. Este consultor, puede poseer varios conocimientos y aptitudes, sin embargo en un proyecto definido, desempeñará un rol específico.

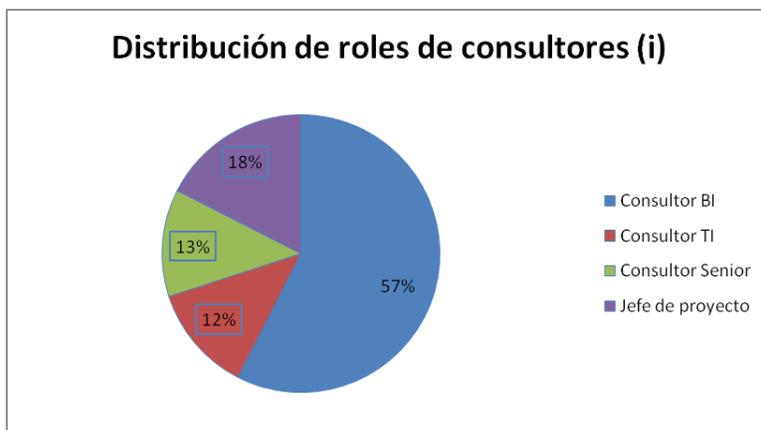
Por otra parte, cabe destacar la diferencia existente entre los roles. Un consultor TI difiere de un consultor BI principalmente en el tipo de conocimiento que posee. El primero está enfocado principalmente a la instalación y mantención de softwares que se implantan en los clientes. También se encarga de realizar las migraciones necesarias de base de datos y entregar soporte. Por otra parte, el consultor BI, posee principalmente aptitudes de levantamiento y modelamiento, para esto, usa herramientas de estadística, data mining, optimización, etc.

El consultor senior se diferencia de los demás por poseer un nivel promedio de conocimiento alto, ya sea de BI o TI. Es un consultor con trayectoria en la empresa y su principal responsabilidad es la de ser un tutor para los demás consultores.

El jefe de proyecto, aparte de poseer algunos conocimientos anteriores, posee más habilidades de gestión y administración de proyectos. Tiene la responsabilidad del planeamiento y ejecución de un proyecto y, como tarea principal, debe reconocer los riesgos que pueden afectar directamente las probabilidades de éxito de un proyecto, así como la constante medición, formal e informal de dicho riesgo a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

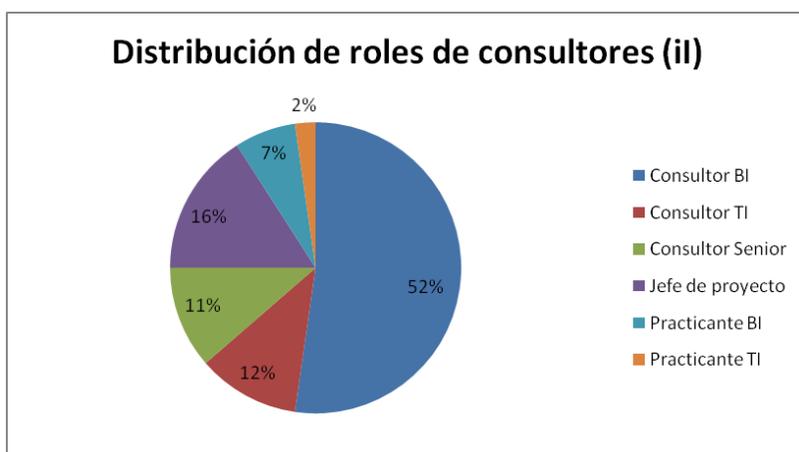
La proporción de la cantidad de consultores existentes en la empresa, se ilustra en los gráficos que se muestran a continuación:

Ilustración 4: Distribución de roles de consultores (i)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: Distribución de roles de consultores (ii)



Fuente: Elaboración propia

La diferencia existente entre ambos gráficos, reside en que en el segundo se consideraron los estudiantes en práctica que desempeñan principalmente roles de consultor BI, con la excepción de 1 que es TI. El número total de consultores trabajando en la empresa asciende a los 44 aproximadamente (incluyendo practicantes).

7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS EN LA EMPRESA

KR Consulting ofrece una gran cantidad de servicios a sus clientes. Por esto, es importante destacar la gran variedad de tipos de proyectos que desarrolla, desde pronósticos de demanda hasta cambios en la estructura de una empresa mediante balance score card.

Actualmente la empresa trabaja con 15 proyectos en promedio de forma paralela, y esta cantidad puede ir variando, debido al término de uno y/o al comienzo de uno nuevo. Para cada uno de estos, el jefe de proyecto, junto con el gerente de consultoría, se encargan de planificar el trabajo en un período de tiempo determinado, mediante la creación de una carta gantt, que puede ir variando cada cierto período de tiempo dependiendo de los trabajos realizados, los entregables y los atrasos. A continuación, se puede apreciar la carta gantt para un proyecto de implementación de un software llamado Demantra.

Tabla 2: Carta gantt proyecto implementación Demantra

Implementación Demantra - Fase 1	Días	Jefe de Proyecto	Consultor Senior	Consultor Especialista Demantra	Consultor BI	Consultor BI2	Consultor Técnico
Instalación Herramienta Oracle - Demantra	10	5%	10%	0%	5%	0%	20%
Etapa Exploratoria - Planificación	5	20%	50%	100%	20%	20%	0%
Modelamiento							
Análisis Requerimientos	15	15%	40%	100%	80%	0%	5%
Diseño Solución Propuesta	20	15%	40%	100%	100%	0%	0%
Implementación Estructura – Parámetros	25	15%	30%	20%	100%	0%	5%
Ajustes Implementación Estructura	15	10%	30%	0%	50%	0%	0%
Implementación Reportes	10	10%	20%	0%	50%	0%	0%
Pruebas Unitarias	5	15%	5%	0%	50%	0%	0%
Carga de Datos							
Análisis de Interfaces	15	10%	20%	0%	30%	50%	10%
Diseño Solución Carga de Datos	15	10%	20%	0%	30%	80%	0%
Implementación Carga de Datos	25	10%	10%	0%	30%	80%	5%
Pruebas Unitarias	10	5%	5%	0%	0%	50%	0%
Pruebas Integrales	5	5%	5%	0%	0%	50%	5%
Capacitaciones	20	10%	5%	0%	80%	50%	5%
Puesta en Marcha	20	10%	5%	0%	10%	10%	5%
Total Días	205						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede apreciar que el jefe de proyecto estima la cantidad de días que durará el proyecto, la cantidad de fases, y la cantidad de horas hombre de cada rol necesario para cada una de las fases que demandará el proyecto. En este proyecto en particular, se necesitarán 5 consultores, donde 1 es el consultor senior, encargado de guiar a los demás, 3 consultores de BI, donde 1 de ellos debe ser especialista en Demantra, y finalmente 1 consultor TI.

En este punto, cabe destacar la relevancia de esta información, ya que servirá como input en el modelo. De acá, se obtendrá la demanda de horas hombre que requiere cada proyecto, los tipos de roles necesarios y la cantidad de tiempo necesario que se debe dedicar al proyecto.

8. RESULTADOS ESPERADOS

Al término de esta memoria se pretende contar con un modelo matemático de optimización, que permita obtener una malla de asignaciones de los consultores a los diferentes proyectos (ver tabla 3), cumpliendo las restricciones de personal y que sea factible. Este modelo debe tener la capacidad de asesorar la toma de decisiones en la asignación para un período de 3-4 semanas. Por otra parte, el tiempo de ejecución del modelo debe ser razonable, y así obtener una implementación que sea de mayor facilidad para el cliente.

Tabla 3: Malla de asignaciones de consultores en distintos proyectos

Consultor	Proyecto	Rol Consultor		
		JP	C. Senior	C. Técnico
AP	Proyecto 1	50%		
AP	Proyecto 2		30%	
ON	Proyecto 1			100%
HG	Proyecto 1			80%
HG	Proyecto 2			20%

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se obtendrá la comparación de los distintos modelos propuestos, mediante un análisis de sensibilidad, usando indicadores como la cantidad de horas no asignadas y los costos de asignación como criterio.

9. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

9.1 ELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO

Para resolver este problema, se considerarán 2 modelos, usando la programación lineal entera. Las restricciones en los modelos serán similares, lo que diferirá entre cada uno, será la función objetivo.

ÍNDICES

i: corresponde a cada consultor existente en la empresa, dependiendo de la semana en que se corra el modelo, el valor máximo de este índice puede cambiar, debido a nuevas contrataciones o bajas.

j: corresponde a cada proyecto en particular que tiene la consultora en su cartera. Semanalmente el valor máximo puede cambiar, debido a que existen proyectos que pueden terminar u otros que pueden estar partiendo.

s: corresponde a cada semana del resultado de la asignación. Va desde el valor 1 hasta el 4, ya que se había mencionado anteriormente que se resolverá el problema con un horizonte de tiempo máximo de 1 mes.

r: corresponde a cada rol que un consultor puede ejercer, donde rol01="consultor TI", rol02="consultor BI 1", rol03="consultor BI 2", rol04="Consultor Senior" y rol05="Jefe de proyecto".

PARÁMETROS

$oc(i)$: corresponde a la oferta semanal como porcentaje (%) de cada consultor i , es decir, si un consultor trabaja full time de lunes a viernes, su oferta semanal será de un 100% (45 horas), en cambio si existe un consultor que sólo trabaje de lunes a jueves, su oferta laboral semanal será de un 80% (36 horas).

$cost(i)$: corresponde al sueldo recibido por el consultor i .

$rol(i,r)$: matriz binaria, que toma valor 1 si consultor i ejerce rol r , y 0 si no.

$ds(j,s,r)$: matriz correspondiente a la demanda que requiere el proyecto j , en la semana s , para el rol r . En este caso la demanda también es entregada como un porcentaje (%), es decir, si en la matriz existe una celda con valor = 60, esto indica que un proyecto j , en la semana s y en ese rol r , se necesita a un consultor que entregue un "60" de su oferta laboral a ese proyecto en particular. En el caso de que un proyecto necesite semanalmente un 200% de consultores BI, esta demanda deberá ser distribuida en 2 consultores BI (o más), dejando como última opción las horas extras.

$dn(j,s,r)$: matriz binaria relacionada directamente con la matriz $ds(j,s,r)$ de demanda. $Dn(j,s,r)$ entrega un valor 1 si es que en el proyecto j , en la semana s y en el rol r , existe demanda de trabajo, y 0 si no.

$dc(i,j)$: Matriz que califica el desempeño de consultor i en el proyecto j . Esta "nota", toma los valores 1="Excelente desempeño", 2="Muy buen desempeño", 3="Buen desempeño", 4="Aceptable desempeño" y 5="Mal desempeño". Se decide usar esta escala debido a su fácil utilización.

φ_1 : corresponde al coeficiente de penalización para el primero modelo. Este valor corresponde al costo generado principalmente por horas/hombre que se dedican para la inducción del nuevo consultor realizada por un consultor senior, y la empresa lo estima en aproximadamente \$500.000 para esa semana de incorporación.

φ_2 : corresponde al coeficiente de penalización para el segundo modelo. Su valor es igual a 2, y así castigar a la función objetivo duplicando la calificación de desempeño.

Es importante dar a conocer dentro de los parámetros, la existencia de un consultor multifacético, que para la primera base de datos es el consultor $i35$, mientras que para la segunda y tercera base es el consultor $i45$. Ese consultor, es muy caro, muy mal evaluado en su desempeño, sin embargo posee una gran cantidad de oferta laboral. El fin de incorporar este consultor, es la de facilitar la convergencia del modelo, que lo asignará siempre y cuando no es posible satisfacer la demanda de trabajo.

VARIABLE DE DECISIÓN

$$y_{i,r,j,s} \begin{cases} 1 & \text{si consultor } i, \text{ con rol } r, \text{ es asignado a proyecto } j, \text{ en la semana } s \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

RESTRICCIONES

1) Cantidad de horas asignadas por consultor no puede sobrepasar su oferta semanal:

$$\sum_{r,j} y_{i,r,j,s} * ds(j,s,r) \leq oc(i) \quad \forall i,s$$

2) Todos los roles r de cada proyecto j en cada semana s deben ser cubiertos por algún consultor.

$$\sum_i y_{i,r,j,s} = 1 \quad \forall r,j,s$$

3) Cada consultor i de rol r asignado a un proyecto j en la semana s debe satisfacer la demanda de ese proyecto en particular.

$$y_{i,r,j,s} * oc(i) \geq ds(j,s,r) \quad \forall i,r,j,s$$

4) Asignar roles que desempeñen los consultores a la matriz binaria adecuadamente.

$$rol_{i,r} \geq y_{i,r,j,s} \quad \forall i,r,j,s$$

Como los valores de $rol(i,r)$ e $y(i,r,j,s)$ son binarios, existen 4 escenarios posibles:

- $rol(i,r) = 1 \wedge y(i,r,j,s) = 1$: En este caso se cumple la restricción, ya que existe el rol r para el consultor i, por ende puede ser asignado a ese rol en la matriz binaria.
- $rol(i,r) = 1 \wedge y(i,r,j,s) = 0$: Caso en el que se cumple la restricción, debido a que existe el rol r para el consultor i, sin embargo no fue asignado a la matriz binaria.
- $rol(i,r) = 0 \wedge y(i,r,j,s) = 0$: Tercer caso, donde la restricción se cumple, debido a que no existe el rol r para ese consultor i, y tampoco fue asignado a la matriz binaria.
- $rol(i,r) = 0 \wedge y(i,r,j,s) = 1$: Último caso, donde la restricción no se cumple, debido a que el rol r para el consultor i no existe, sin embargo fue asignado a la matriz binaria.

5) Asignar los roles adecuados a los proyectos que efectivamente demanden ese tipo de trabajo.

$$dn_{j,s,r} \geq y_{i,r,j,s} \quad \forall i, r, j, s$$

Como los valores de $dn(j,s,r)$ e $y(i,r,j,s)$ son binarios, también existen 4 escenarios posibles:

- $dn(j,s,r) = 1 \wedge y(i,r,j,s) = 1$: En este caso se cumple la restricción, ya que existe una demanda de trabajo del proyecto j , en la semana s , del rol r , y puede ser asignado matriz binaria.
- $dn(j,s,r) = 1 \wedge y(i,r,j,s) = 0$: Caso en el que se cumple la restricción, debido a que existe una demanda de trabajo para el proyecto j , en la semana s , del rol r , sin embargo no fue asignado a la matriz binaria.
- $dn(j,s,r) = 0 \wedge y(i,r,j,s) = 0$: Tercer caso, donde la restricción también se cumple, debido a que no existe una demanda de trabajo del proyecto j , en la semana s del rol r , y tampoco fue asignado a la matriz binaria.
- $dn(j,s,r) = 0 \wedge y(i,r,j,s) = 1$: En este escenario, la restricción no se cumple, debido a que no existe una demanda de trabajo, y sin embargo fue asignado a la matriz binaria.

6) Asignar a lo más 1 proyecto a los practicantes.

$$\sum_{r,j} y_{i,r,j,s} \leq 1 \quad \forall s, \forall i \in [i41, i42, i43, i44]$$

7) Naturaleza de las variables.

$$y_{i,r,j,s} \in \{0,1\}$$

FUNCIÓN OBJETIVO

1) Minimizar el costo de asignación.

$$\min Z = \sum_i \sum_r \sum_j \sum_s \left\{ \left(y_{i,r,j,s} * \frac{\text{cost}_i}{4} \right) + (y_{i,r,j,s-1} * dn_{j,s,r} - y_{i,r,j,s}) * \varphi_1 \right\}$$

Como se menciona en el título, esta función objetivo tiene como fin minimizar el costo de asignación de los consultores semanalmente. El parámetro $\text{cost}(i)$, se divide por 4, debido a que el horizonte de tiempo que se va a usar es de 4 semanas, y el parámetro nos entrega el sueldo mensual que cada consultor recibe.

Con tal de relajar el problema, se incluirá una penalización que castigará a la función objetivo cada vez que un consultor designado en un proyecto j en la semana $s-1$, sea removido de ese mismo proyecto j en la semana s . Para esto, se considera la resta de la variable de decisión binaria en la semana $s-1$, que es multiplicada por la matriz binaria $dn_{j,s,r}$. Esta multiplicación se realiza, debido a que es posible que en la semana $s-1$ exista una demanda de trabajo del proyecto j , en la semana s , del rol r , y sin embargo en la semana siguiente, no exista esta demanda, y acá es donde interviene la matriz binaria $dn_{j,s,r}$, que muestra si existe esa demanda de trabajo. El resultado de la resta puede ser 1, 0 o -1. En caso de que la resta $(y_{i,r,j,s-1} * dn_{j,s,r} - y_{i,r,j,s})$ de 1, nos indica que un consultor i estaba asignado a un proyecto j en la semana $s-1$, y en la siguiente semana s , no fue asignado al mismo proyecto j , por esto se castiga a la función objetivo con un coeficiente de penalización φ_1 .

Por otra parte, si el resultado de $(y_{i,r,j,s-1} * dn_{j,s,r} - y_{i,r,j,s})$ es 0, existen 2 escenarios posibles: i) que el consultor i , no fue asignado al proyecto j en ningún período de tiempo, o ii) que el consultor i , si fue asignado al proyecto j , en la semana $s-1$ y también en la semana s . Esto no genera ni beneficio ni castigo en la función objetivo, debido a que no existen cambios en la asignación.

Finalmente, cuando el resultado de $(y_{i,r,j,s-1} * dn_{j,s,r} - y_{i,r,j,s})$ es -1, nos indica que un consultor i fue asignado a un nuevo proyecto j en la semana s de rol r , proyecto que en la semana $s-1$ no poseía demanda. La asignación de un consultor a un proyecto se premiará en la función objetivo con el coeficiente φ_1 , con el fin de promover la incorporación de consultores a puestos vacíos en el modelo y simplificar la programación.

2) Minimizar la calificación de desempeño.

$$\min Z = \sum_i \sum_r \sum_j \sum_s \{(y_{i,r,j,s} * dc_{i,j}) + (y_{i,r,j,s-1} * dn_{j,s,r} - y_{i,r,j,s}) * \varphi_2\}$$

El parámetro $dc_{i,j}$, indica la calificación de desempeño, que toma valores del 1 al 5. Esta "nota", debería ser asignada por una persona de alto cargo en la empresa, que conozca personalmente a cada uno de sus colaboradores y estime una calificación de asignar a cada consultor i en el proyecto j .

Lo que se realizó en este trabajo, fue observar las demandas de trabajo de cada proyecto j , en los diferentes roles r , y relacionarlos con los roles que cada uno de los consultores puede ejercer. De esta forma, se elaboró la matriz $dc_{i,j}$, donde por ejemplo, consultores que ejercen roles de TI, se calificaron con un "5" (nota alta indica una mala evaluación de desempeño), a proyectos donde no se demandaban horas de trabajo de ese tipo de rol.

Adicionalmente, con tal de que el modelo pudiese converger y no entregara soluciones infactibles, se implementó dentro de la base de datos a un "consultor multifacético", que posee 4 características que difieren de los demás. La primera es que su costo es muy alto, la segunda es que su oferta laboral es 5 veces la oferta máximo de los otros consultores, la tercera es que posee una calificación de disconformidad muy elevada y finalmente, es que este consultor al ser multifacético, puede desempeñar todos los roles de manera simultánea.

10. RESULTADOS

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de los 2 modelos propuestos en el capítulo anterior. Ambos modelos se corrieron con 3 bases de datos diferentes:

- En la primera base de datos, se toman en cuenta 34 consultores + 1 consultor multifacético y 10 proyectos.
- En la segunda base de datos, se toman en cuenta 44 consultores + 1 consultor multifacético y 15 proyectos que demandan trabajo.
- En la tercera base de datos, también se corre el modelo con 44 consultores + 1 consultor multifacético y 20 proyectos que demandan trabajo.

Que representan 3 posibles escenarios que la empresa podría enfrentar. Como se mencionó anteriormente, 15 es el número promedio de proyectos que la empresa posee en su cartera y trabaja paralelamente. Por esto, se decide resolver el problema de asignación con 10, 15 y 20 proyectos.

En el capítulo 7, se dio a conocer la cantidad y los tipos de consultores que existen actualmente en la empresa, por esto, se decide correr los diferentes modelos con 34 + 1 y con 44 + 1 consultores, recordando que el +1 corresponde al consultor multifacético que puede desempeñar todos los roles posibles al mismo tiempo.

En la primera base de datos, de los 34 consultores, los primeros 18 poseen conocimientos relacionados con Business Intelligence (BI), del consultor 19 al 22 son los que poseen conocimientos TI, del 23 al 27 son los consultores senior, y finalmente del 28 al 34 son los jefe de proyecto. Las proporciones entre roles de consultores se mantuvieron con tal de acercar el problema a la realidad actual de la empresa.

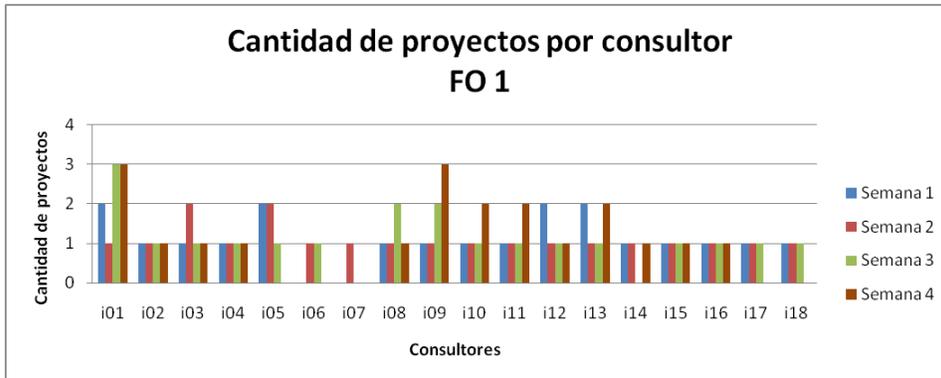
En la segunda y tercera base de datos se incluyen 10 consultores más con el fin de resolver un problema real de la empresa. Del consultor 35 al 39 son consultores BI y el 40 posee conocimientos en TI. Los trabajadores del 41 al 44 son estudiantes en práctica, cuya principal característica es que poseen un costo menor y la calificación que poseen es mayor. Del 41 al 43 poseen conocimientos en BI y el 44 es TI.

10.1 BASE DE DATOS DE 34+1 CONSULTORES Y 10 PROYECTOS

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos y las diferencias que existen entre los dos modelos. Para esto se analizarán 3 aspectos relevantes, la cantidad de proyectos por consultor, el porcentaje de asignación ocioso y finalmente el costo del porcentaje ocioso mensual.

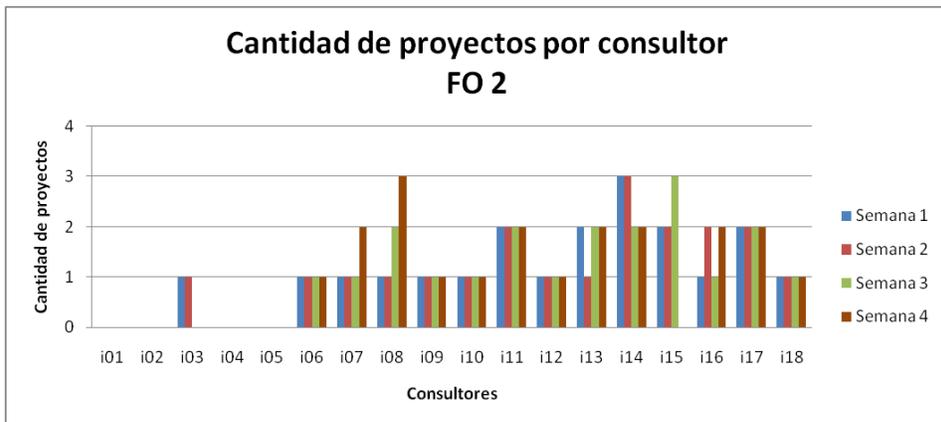
Proyectos por consultor

Ilustración 6: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD1, consultores i01-i18



Elaboración propia

Ilustración 7: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD1, consultores i01-i18

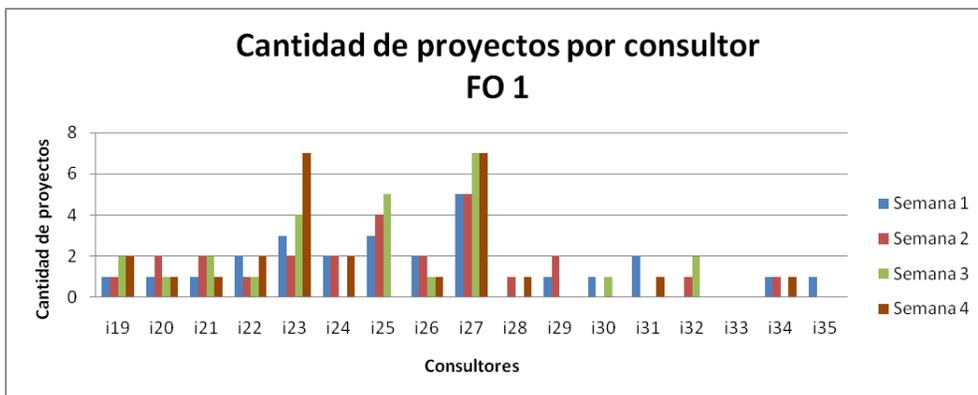


Elaboración propia

Los gráficos anteriores, indican la cantidad de proyectos que son asignados a los diferentes consultores, tanto para la función objetivo 1 (FO 1), de minimización de costos de asignación, como para la FO 2, de minimización de la calificación de desempeño. Es posible observar en ambos modelos lo siguiente:

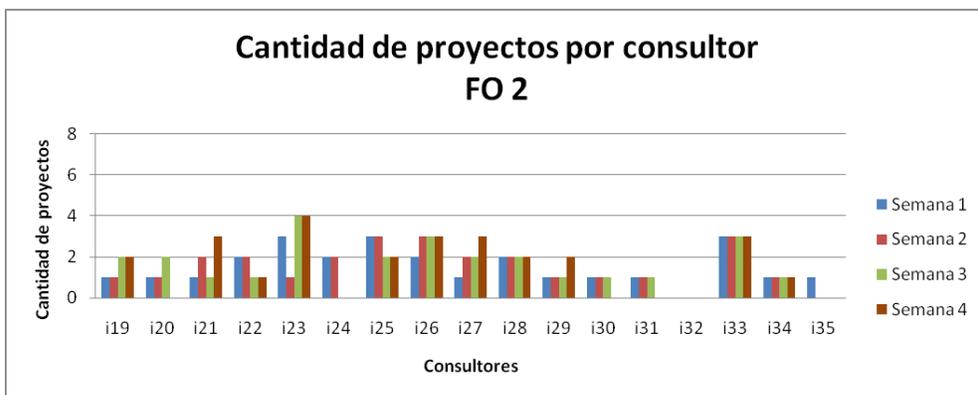
- El máximo número de proyectos que asigna por consultor es de 3.
- El segundo modelo muestra a 4 consultores que no son asignados.
- Como el segundo modelo se encarga de asignar a los mejores consultores evaluados por su desempeño, lo que hace es asignar a los "capaces" de inmediato en la semana 1, y trata de mantenerlos en el proyecto mediante las semanas avanzan.

Ilustración 8: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD1, consultores i19-i35



Elaboración propia

Ilustración 9: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD1, consultores i19-i35



Elaboración propia

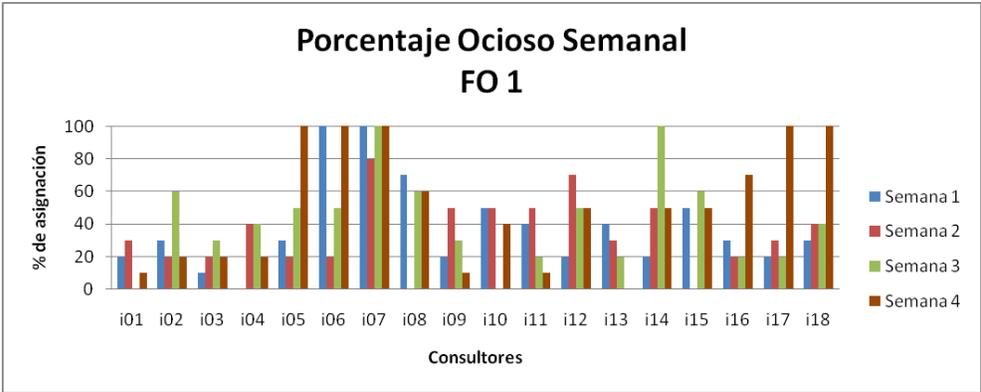
Como se aprecia anteriormente, los resultados varían, debido a que acá se encuentran los consultores senior (i23-i27) y jefes de proyecto (i28-i34). Ambos, pueden trabajar en varios proyectos al mismo tiempo, ya que el porcentaje de tiempo semanal que demanda cada proyecto no es tan alto como el que poseen los demás consultores BI y TI. Como se explicó anteriormente, en fases ya avanzadas de los proyectos (diseño, construcción, puesta en marcha), no es necesario que los consultores senior ni los jefes de proyecto, dediquen un gran porcentaje de su oferta laboral semanal a estos proyectos en específico.

Por otra parte, en ambos gráficos es posible observar que el consultor i35 (consultor multifacético), fue asignado a 1 proyecto. Al observar la matriz de resultados, se puede ver que el sujeto i35 es asignado al proyecto02, en el rol01 (TI), durante la primera semana. Esto se explica, debido a que existe una baja cantidad de consultores que desempeñan el rol01, por ende, la suma de su oferta laboral para la semana 1 no puede satisfacer la demanda de ese rol, y ambos modelos asignan a este consultor.

Los demás resultados de la asignación es posible justificarlos, debido a la baja cantidad de demanda de trabajo que se tiene en comparación con la oferta laboral de los consultores.

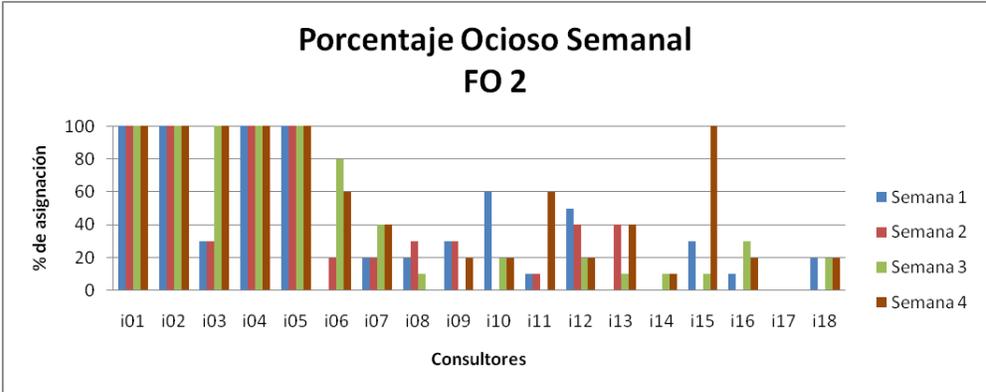
Porcentaje ocioso semanal

Ilustración 10: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD1, consultores i01-i18



Elaboración propia

Ilustración 11: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD1, consultores i01-i18



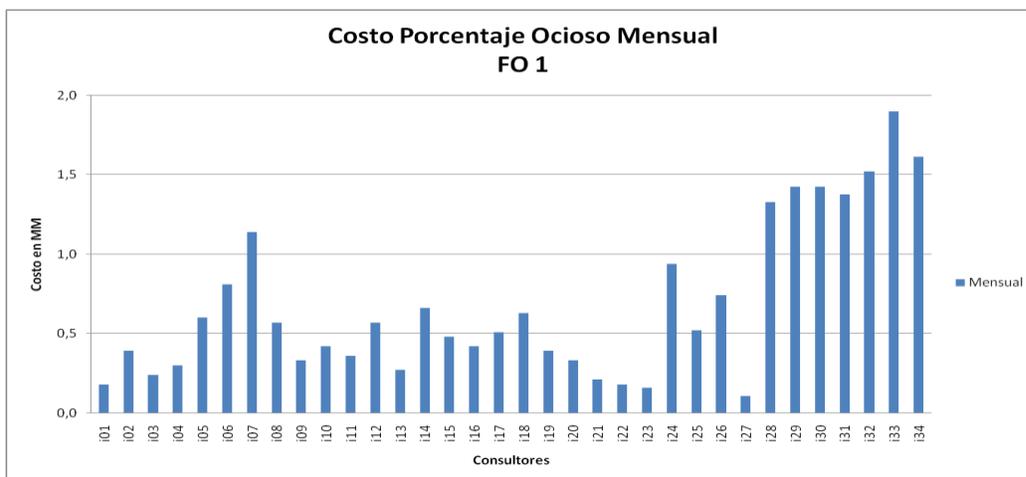
Elaboración propia

En estos gráficos es posible apreciar el porcentaje ocioso semanalmente de cada consultor. Los resultados a primera vista parecen ser elevados, sin embargo, tienen sentido, debido a como se menciono anteriormente, la suma de las demanda de estos 10 proyectos para cada rol durante las 4 semanas, no logra superar la oferta de trabajo de todos los consultores.

Para los consultores que van desde el i19 al i35, los resultados gráficos es posible verlos en el anexo A y B.

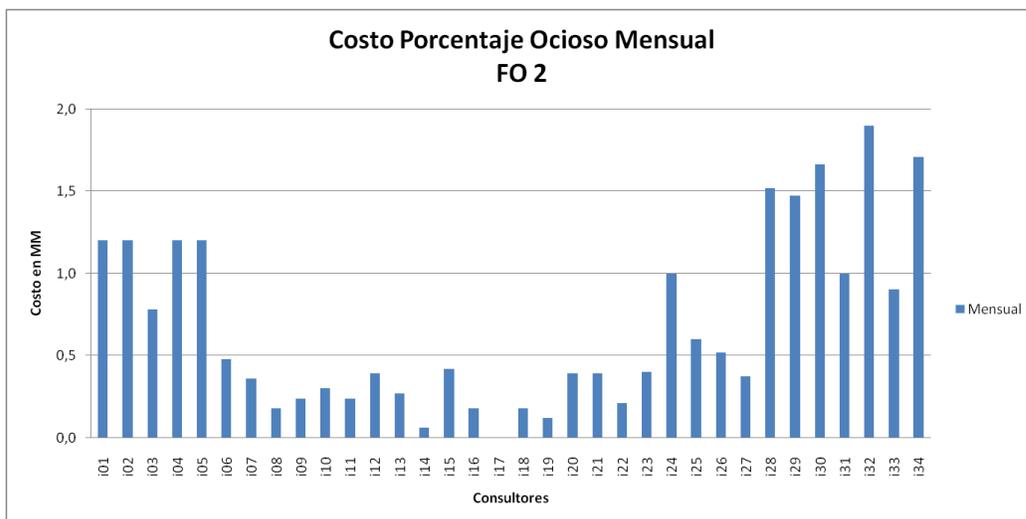
Costo de porcentaje ocioso mensual

Ilustración 12: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 1, BD1



Elaboración propia

Ilustración 13: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 2, BD1



Elaboración propia

El costo de ocio se calcula sumando el porcentaje ocioso que entrega el modelo, multiplicado por el costo del porcentaje/hombre de ese consultor en particular.

Los resultados gráficos, muestran que la mayor cantidad de costo, proviene de consultores senior y jefes de proyecto, debido a que:

- Los proyectos de esta base de datos, no demandan un gran porcentaje de estos roles.
- El sueldo asociado a estos 2 roles es mayor en comparación a los consultores de BI y TI.

Ambos modelos generan un costo de porcentaje ocioso mensual de unos \$23.000.000, el primer modelo resulta ser más "costoso" en aproximadamente \$10.000. Estos resultados en principio tienen sentido, debido a que toda la demanda de los proyectos fue satisfecha por la gran cantidad de oferta laboral que se posee, y no existe otra alternativa de no dejar a consultores ociosos.

10.2 BASE DE DATOS 44+1 CONSULTORES Y 15 PROYECTOS.

La idea de utilizar esta segunda base de datos, es la de enfrentar un problema lo más parecido y cercano a la realidad. Actualmente la empresa posee aproximadamente 44 colaboradores que trabajan en conjunto, y en esta base de datos, se distribuyen de la siguiente manera:

- i01 - i18 \wedge i35 - i39: Consultores BI.
- i19 - i22 \wedge i40: Consultores TI.
- i23 - i27: Consultores Senior.
- i28 - i34: Jefes de proyecto.
- i41 - i43: Practicantes BI.
- i44: Practicante TI.
- i45: Consultor multifacético.

Proyectos por consultor

Los resultados obtenidos por ambos modelos son bastante similares. El promedio de proyectos por consultor del primer modelo (1,77), es levemente más bajo que el del segundo (1,81). Esto se debe a que en el primer modelo se asigna a cada consultor al menos una vez dentro de las 4 semanas, en cambio el segundo modelo no asigna a 3 consultores BI. Los resultados gráficos se encuentran en los anexos C - H.

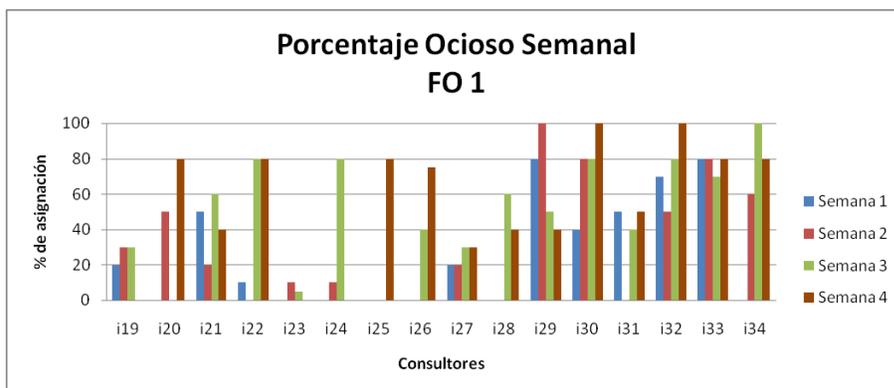
La gran diferencia se encuentra en la asignación del consultor i40 (TI), que es asignado a 5 proyectos en la semana 1 por el primer modelo. Luego de observar la matriz de asignaciones, esto es posible explicarlo debido a que la demanda de los proyectos en esa semana para el consultor i40 es baja, no supera el 20% para cada proyecto, lo que quiere decir que el sujeto i40 trabajará en distintos proyectos cada día de la semana.

También es importante destacar que ningún modelo asignó al consultor multifacético, es decir, las demandas de trabajo fueron satisfechas en su totalidad en este caso de 15 proyectos.

Porcentaje ocioso semanal

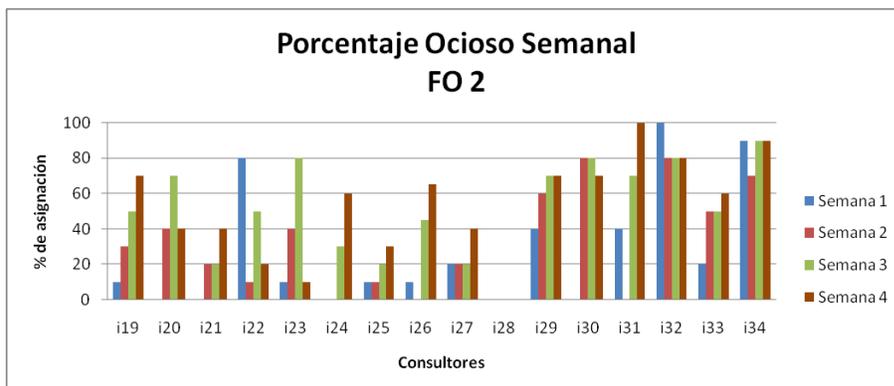
Los resultados muestran que la media de porcentaje ocioso del primer modelo es de un 46%, mientras que para el segundo modelo es de un 45%. (Ver anexos I - L). Este pequeño cambio se explica en los gráficos que se muestran a continuación:

Ilustración 14: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD2, consultores i19-i34



Elaboración propia

Ilustración 15: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD2, consultores i19-i34



Elaboración propia

El segundo modelo no asigna al consultor i28 (jefe de proyecto), a ningún proyecto durante las 4 semanas, debido a que la demanda fue satisfecha completamente por sus pares y la calificación de desempeño de este sujeto no beneficiaba a la función objetivo en ningún tipo de asignación.

En general, con esta cantidad de proyectos y con el personal disponible, es posible captar nuevos proyectos potenciales, ya que el rol que posee más porcentaje ocioso semanal, es el de jefe de proyecto (70%), que junto con el gerente, son los encargados de contactarse con el cliente, escuchar y entender sus necesidades.

Costo de porcentaje ocioso mensual

A continuación, se muestran los resultados en términos de costo, de los tipos de asignaciones posible:

Tabla 4: Costo total ocioso

Costo Total Ocioso	
Modelo 1	\$ 20.664.375
Modelo 2	\$ 20.251.875
Diferencia	\$ 412.500

Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, el modelo 1 de minimización de costos, resulta ser más caro, que el segundo modelo. Al principio, es posible que suene contradictorio que un modelo que minimiza los costos resulte ser más caro, sin embargo, esto tiene mucho sentido, debido a que el modelo minimiza los costos de asignación, es decir asigna primero a los practicantes, que poseen un sueldo menor, a tareas que posean mayor porcentaje de trabajo semanal. Lo anterior es respaldado con la suma total de porcentaje de asignación, que se pueden ver a continuación:

Tabla 5: Suma total de porcentaje de asignación de los practicantes del modelo 1

Modelo 1					
Consultor	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Suma
i41	50	80	40	80	250
i42	50	50	20	50	170
i43	80	50	80	30	240
i44	80	100	20	80	280
Suma	260	280	160	240	940

Elaboración propia

Tabla 6: Suma total de porcentaje de asignación de los practicantes del modelo 2

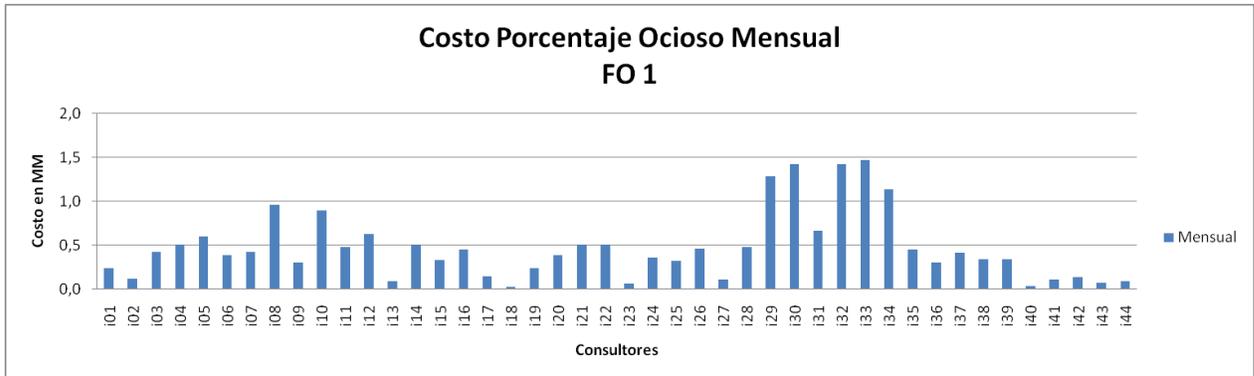
Modelo 2					
Consultor	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Suma
i41	90	80	100		270
i42		50	50		100
i43	60	60	30		150
i44	90	100	50	80	320
Suma	240	290	230	80	840

Elaboración propia

Se observa que en total, existe una diferencia de 100% de asignación, que en términos prácticos, es una semana de trabajo full-time. Ese 100% faltante en el modelo 2, fue repartido entre los consultores BI y TI que se encuentran en la base de datos.

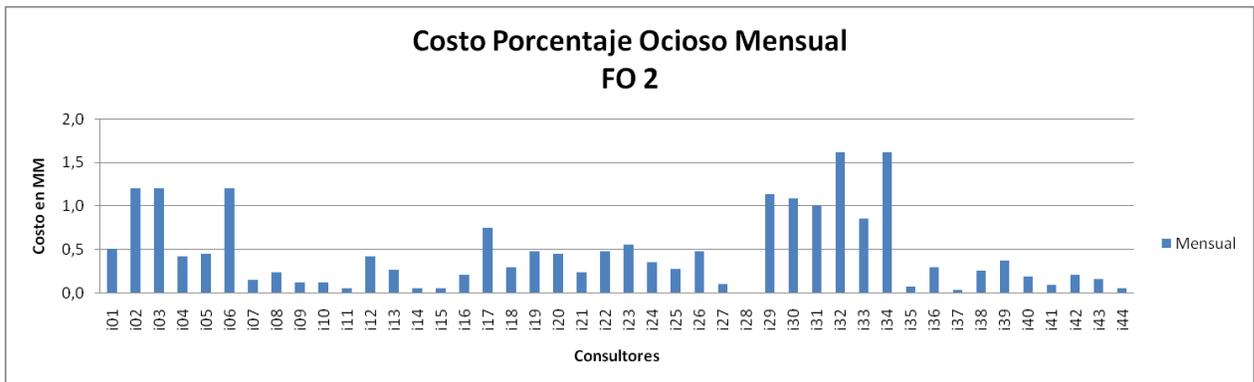
La distribución de los costos de porcentaje ocioso para ambos modelos se presentan en los gráficos de a continuación:

Ilustración 16: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 1, BD2



Elaboración propia

Ilustración 17: Distribución de costo porcentaje ocioso mensual FO 2, BD2



Elaboración propia

La gran diferencia entre ambas distribuciones, ocurre específicamente entre los consultores i07 y i11. Se aprecia levemente que existe un mayor costo por porcentaje ocioso en el modelo 1, debido a la explicación mencionada anteriormente.

10.3 BASE DE DATOS 44+1 CONSULTORES Y 20 PROYECTOS

Como menciona el título, los resultados obtenidos en esta sección provienen de la base de datos de 44+1 consultores y 20 proyectos. El principal motivo de correr ambos modelos con esta cantidad de proyectos, es saber cómo la empresa podría enfrentar una alta demanda de trabajo.

Proyectos por consultor

Los resultados obtenidos señalan que ambos modelos poseen una cantidad promedio de proyectos asignados a cada consultor muy similar. Para el modelo 1 esta cantidad es de 2,42 proyectos por consultor y para el segundo modelo es de 2,37. En la tabla que se muestra a continuación es posible observar las diferencias por rol:

Tabla 7: Cantidad de proyectos asignados a consultores agrupados por rol

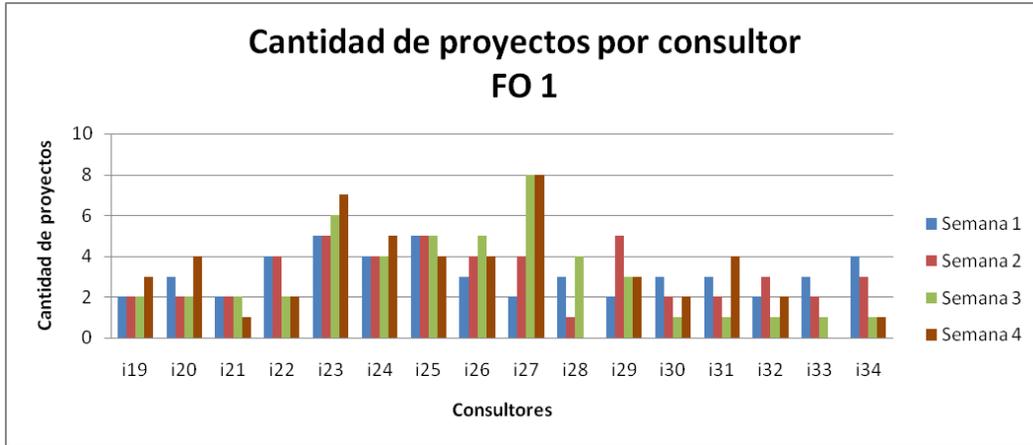
Media n° proyectos asignados		
Rol	Modelo 1	Modelo 2
Consultor BI	1,61	1,61
Consultor TI	2,25	2,4
Consultor Senior	4,85	4,05
Jefe de proyecto	2,38	2,78
Practicante	1	1

Elaboración propia

Las diferencias entre ambos modelos se explica debido a que el primer modelo de minimización de costos, prefiere asignar más veces al consultor i27, que posee una particularidad en especial. Este sujeto puede desempeñar roles tanto de consultor senior como de jefe de proyecto, y como en esta base de datos su sueldo es menor que el de un jefe de proyecto "puro", el modelo lo asigna más veces a proyectos que demanden trabajo en ese rol específico.

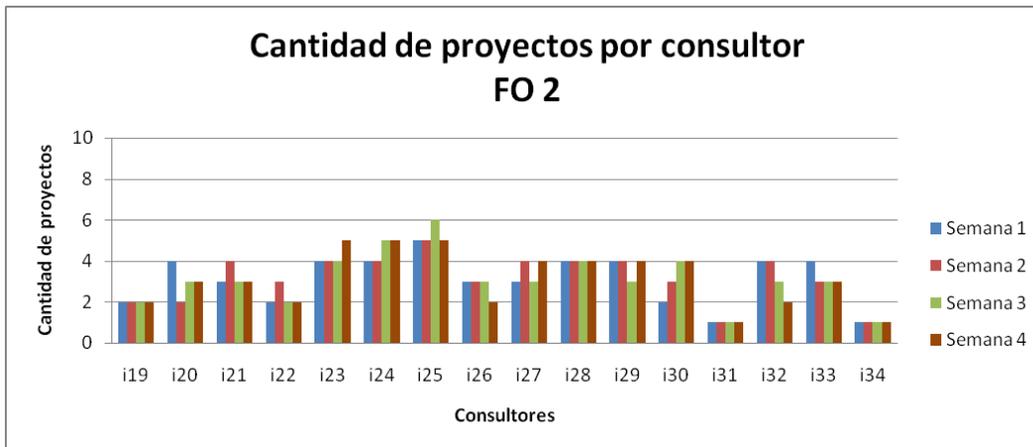
Lo mencionado anteriormente es posible observarlo de manera gráfica a continuación:

Ilustración 18: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD3, consultores i19-i34



Elaboración propia

Ilustración 19: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD3, consultores i19-i34



Elaboración propia

Porcentaje ocioso semanal

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

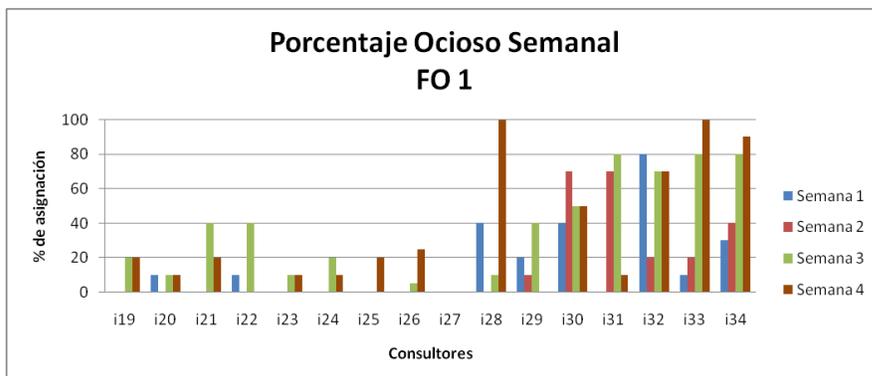
Tabla 8: Media de porcentaje ocioso de consultores agrupados por rol

Media porcentaje ocioso		
Rol	Modelo 1	Modelo 2
Consultor BI	21%	19%
Consultor TI	23,6%	28,6%
Consultor Senior	14,3%	25,5%
Jefe de proyecto	51%	48%
Practicante	32%	27%
TOTAL	30%	29%

Elaboración propia

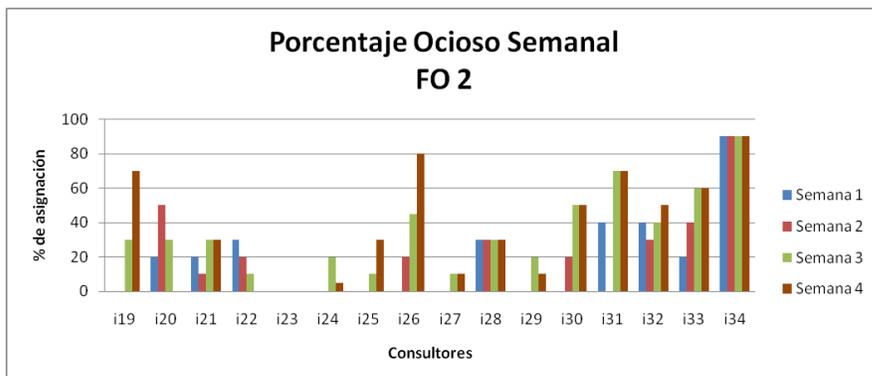
Pese a que la cantidad de proyectos aumentó en 5, respecto de la base de datos anterior, los resultados muestran que pese a eso, todavía existe porcentaje ocioso por parte de los consultores, principalmente de los jefes de proyecto como se muestra en los siguientes gráficos:

Ilustración 20: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD3, consultores i19-i34



Elaboración propia

Ilustración 21: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD3, consultores i19-i34



Elaboración propia

En este punto es necesario aclarar que la realidad no es tan literal, debido a que la base de datos sólo toma en consideración los proyectos que se han puesto en marcha. Esto quiere decir, que los jefes de proyecto se encuentran el 50% de su tiempo trabajando en proyectos que están oficialmente en marcha, y el resto de su oferta laboral, se ocupa principalmente en reuniones con varios clientes, con el fin de concretar nuevos proyectos potenciales.

Por otra parte, en el anexo O y P, es posible observar que el consultor multifacético ha sido asignado por ambos modelos. Si observamos la matriz de solución de cada modelo, se puede dar a conocer el proyecto, rol y semana en la que fue asignado este consultor.

Tabla 9: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 1

Modelo 1			
Rol	Proyecto	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	proyector08	100%	100%
Consultor Senior	proyector03	50%	

Elaboración propia

Tabla 10: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 2

Modelo 2			
Rol	Proyecto	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	proyector02	90%	90%
Consultor Senior	proyector03	50%	

Elaboración propia

Cuando el modelo asigna al consultor multifacético se debe principalmente a que la oferta laboral no cubre la demanda de los proyectos, es decir, la suma de horas ociosas de todos los consultores de rol r , en la semana s , es menor que la demanda del proyecto para ese rol en esa semana.

Lo anterior, explica esta asignación, ya que aunque exista una cantidad considerable de porcentajes de ociosos, no es posible asignar a un consultor común y corriente a ese proyecto en particular.

Si analizamos este caso detenidamente, para el modelo 1 es necesario asignar 100% a un consultor de rol TI en el proyecto08 en la semana 1 y 2, y un 50% a un consultor senior en el proyecto03 en la semana 1. Al observar los resultados obtenidos en la tabla 11, es posible ver los porcentajes ociosos de los consultores senior y TI:

Tabla 11: Porcentajes ociosos de consultores TI y Senior para la semana 1 y 2, del modelo 1

	Consultor	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	i19		
	i20	10%	
	i21		
	i22	10%	
	i40		30%
Consultor Senior	i23		
	i24		
	i25		
	i26		
	i27		

Elaboración propia

Los mismo ocurre con los porcentajes ociosos del modelo 2, que no pueden ser asignados con el fin de satisfacer en parte la demanda total. En la tabla 12 que se muestra a continuación, se encuentran los porcentajes ociosos obtenidos de las matriz de resultados.

Tabla 12: Porcentajes ociosos de consultores TI y Senior para la semana 1 y 2, del modelo 2

	Consultor	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	i19		
	i20	20%	50%
	i21	20%	10%
	i22	30%	20%
	i40		
Consultor Senior	i23		
	i24		
	i25		
	i26		20%
	i27		

Elaboración propia

En este caso, con la oferta actual de estos roles, no sería posible satisfacer la demanda en su totalidad. Aunque a simple vista es posible satisfacer la demanda en cierta parte ya que se tienen porcentajes ociosos, el modelo no es capaz de asignar estas fracciones de horas ociosas a la demanda total que falta por satisfacer, en estos casos es necesario entregar recomendaciones que serán propuestas posteriormente.

Costo de porcentaje ocioso mensual

Tabla 13: Costo total ocioso, BD3

Costo Total Ocioso	
Modelo 1	\$ 10.586.250
Modelo 2	\$ 10.460.625
Diferencia	\$ 125.625

Elaboración propia

Tal como se enseña en la tabla anterior, la diferencia de costos de porcentaje ocioso entre un modelo y otro es de \$125.625. Y tal como se mencionó anteriormente, la mayor parte de estos costos, provienen directamente de los consultores que desempeñan roles de jefe de proyecto. Por esto, es que se decide eliminar a estos jefes de proyecto en el análisis de costo de porcentaje ocioso, dejando como resultado la siguiente tabla:

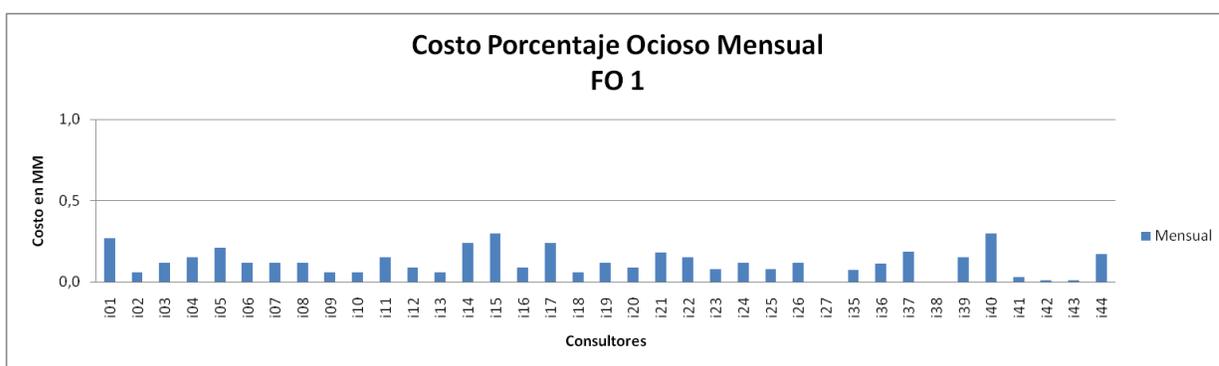
Tabla 14: Costo total ocioso excluyendo jefes de proyecto, BD3

Costo Total Ocioso (excluyendo JP)	
Modelo 1	\$ 4.506.250
Modelo 2	\$ 4.998.125
Diferencia	-\$ 491.875

Elaboración propia

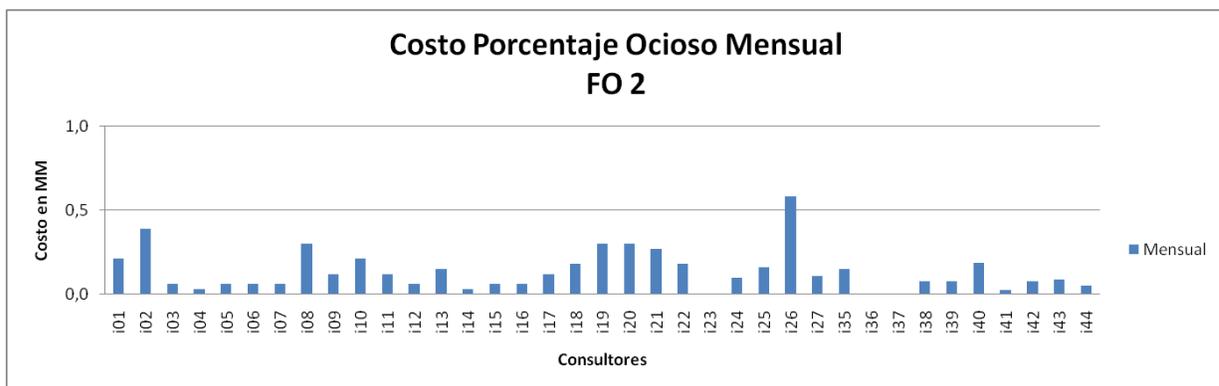
Como se aprecia, el costo desciende a menos de la mitad de lo enseñado anteriormente. La diferencia entre ambos modelos ahora se incrementó a casi el medio millón de pesos, y es posible observar que el modelo 1 realiza una asignación menos costosa en términos de porcentajes ociosos.

Ilustración 22: Distribución de costo de porcentajes ociosos mensuales FO 1, DB3



Elaboración propia

Ilustración 23: Distribución costo de porcentajes ociosos mensuales FO 2, DB3



Elaboración propia

En los gráficos anteriores, se observa cómo se distribuye el costo de porcentaje ocioso, sin incluir a los jefes de proyecto. La principal diferencia entre ambos modelos radica en el ocio de los consultores senior, y cómo ellos fueron asignados. Si descartamos a los consultores senior y realizamos un análisis de costo de porcentaje ocioso, los resultados serían los siguientes:

Tabla 15: Costo total ocioso excluyendo jefes de proyecto y consultores senior, BD3

Costo Total Ocioso (excluyendo JP y CS)	
Modelo 1	\$ 4.106.250
Modelo 2	\$ 4.051.875
Diferencia	\$ 54.375

Elaboración propia

Esta pequeña diferencia, se explica por las diferentes funciones objetivos de los modelos. Si observamos los gráficos de distribución, se puede observar que el costo de porcentaje ocioso para los consultores i41, i42 y i43 en el modelo 1 es bastante menor en comparación con el segundo modelo. Esto se debe, a que estos consultores son los practicantes de la empresa, que pueden realizar un trabajo con un sueldo relativamente bajo en comparación con los demás. El modelo 1 asigna a los practicantes primero, lo que lleva a que sus horas de ocio sean menores a los practicantes del modelo 2.

10.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO 2

El propósito de realizar este análisis es el de observar posibles cambios en los resultados a medida que se realizan variaciones en las evaluaciones. Para esto, se manipuló la base de datos, modificando las calificaciones de los consultores y otorgándoles evaluaciones aleatorias.

Proyectos por consultor

Los resultados obtenidos señalan que en ambos casos la cantidad promedio de proyectos por consultor es bastante similar. Para el primer caso donde la calificación se realiza manualmente, esta cantidad es de 2,37 proyectos por consultor, y para el segundo caso donde la calificación es realizada aleatoriamente, esta cantidad es de 2,39. En la siguiente tabla se puede apreciar las diferencias que se producen por rol:

Tabla 16: Cantidad de proyectos asignados a consultores agrupados por rol para evaluaciones manual y aleatoria

Media n° proyectos asignados		
Rol	Manual	Aleatorio
Consultor BI	1,61	1,60
Consultor TI	2,4	2,4
Consultor Senior	4,05	4,15
Jefe de proyecto	2,78	2,81
Practicante	1	1
Media	2,37	2,39

Elaboración propia

Las diferencias entre ambos casos radican en los roles de consultor senior y jefe de proyecto. Estos resultados se explican debido a que el modelo minimiza la sumatoria de las calificaciones, y al existir "notas" aleatorias, se generan combinaciones donde la mejor estrategia para minimizar la función objetivo es asignando más proyectos a consultores con calificaciones más bajas, dejando fuera en la asignación a los consultores con notas más altas (recordar que mientras más elevada la calificación, peor es la evaluación del consultor).

Porcentaje ocioso semanal

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17: Media de porcentaje ocioso de consultores agrupados por rol para calificaciones manuales y aleatorias

Media porcentaje ocioso		
Rol	Manual	Aleatorio
Consultor BI	19,1%	20,6%
Consultor TI	28,6%	31,0%
Consultor Senior	25,6%	24,4%
Jefe de proyecto	47,9%	48,3%
Practicante	27,0%	22,2%
TOTAL	29,6%	29,3%

Elaboración propia

La principal diferencia reside en los consultores practicantes, debido a que en el segundo caso donde las calificaciones se realizan de forma aleatoria, el modelo los asigna con mayor cantidad de horas.

Los practicantes, al no poseer los conocimientos y experiencia de los demás consultores, deberían ser calificados con "notas" que representen un menor desempeño, sin embargo esto no ocurre para el caso de las evaluaciones aleatorias, lo que explica lo mencionado en el párrafo anterior.

Asignación de consultor multifacético

La distribución en la asignación del consultor multifacético también se ve afectada por algunos cambios menores. Para comparar los resultados se presentan las siguientes tablas:

Tabla 18: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 2 usando calificaciones manuales

Manual			
Rol	Proyecto	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	proyect08	90%	90%
Consultor Senior	proyect03	50%	

Elaboración propia

Tabla 19: Porcentaje de asignación de consultor multifacético i45 de modelo 2 usando calificaciones aleatorias

Aleatorio			
Rol	Proyecto	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	proyect06		50%
Consultor TI	proyect10	80%	
Consultor Senior	proyect03	50%	

Elaboración propia

Como se observa, los cambios se producen específicamente para el rol de consultor TI. En el primer caso el consultor multifacético es asignado con una mayor cantidad de porcentaje en comparación al segundo caso de calificaciones aleatorias. Esto se explica analizando el porcentaje ocioso de los consultores, lo que se puede ver en las siguientes tablas:

Tabla 20: Porcentajes ociosos de consultores TI del modelo 2 con calificaciones manuales para la semana 1 y 2

Calificación			
	Consultor	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	i19		
	i20	20%	50%
	i21	20%	10%
	i22	30%	20%
	i40		
	i44		

Elaboración propia

Tabla 21: Porcentajes ociosos de consultores TI del modelo 2 con calificaciones aleatorias para la semana 1 y 2

Aleatorio			
	Consultor	Semana 1	Semana 2
Consultor TI	i19		
	i20		10%
	i21	40%	
	i22		
	i40		10%
	i44	20%	20%

Elaboración propia

Los resultados anteriores nos indican que para el caso de las calificaciones manuales existe en promedio una mayor cantidad de porcentajes ociosos en comparación al segundo caso, esto quiere decir, que para el primero caso el modelo asigna una menor cantidad a los consultores TI y por ende una mayor cantidad del consultor multifacético.

Costo de porcentaje ocioso mensual

Si observamos los costos involucrados para cada caso, se aprecia lo siguiente:

Tabla 22: Costo total ocioso del modelo 2 para calificaciones manuales y aleatorias

Costo Total Ocioso	
Manual	\$ 10.460.625
Aleatorio	\$ 10.270.625
Diferencia	\$ 190.000

Elaboración propia

En términos generales el segundo caso de calificaciones aleatorias, resulta ser menos costoso que el primero. A priori esto nos indica que sería mejor no realizar calificaciones manualmente debido al trabajo que esto podría demandar al evaluador. Sin embargo, para poder afirmar esto es necesario observar el resultado de ambas funciones objetivo, que se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 23: Valor de la función objetivo del modelo 2 para calificaciones manuales y aleatorias

Valor función objetivo	
Manual	606
Aleatorio	896

Elaboración propia

Como se observa, el valor de la FO para el caso de calificaciones manuales es 32% menor en comparación al caso aleatorio. Esto señala que el desempeño de los consultores asignados a los proyectos para el segundo caso debería ser inferior. Esto

representa un trade-off entre costos de porcentaje ocioso v/s desempeño de los consultores, en este caso se realizaran recomendaciones posteriormente.

10.5 PLANILLAS DE ASIGNACIÓN

Luego de que la empresa decida qué modelo usar en las próximas asignaciones, los resultados explícitos serán exportados a una planilla excel, con el fin de facilitar el trabajo que se efectúe con ellas. Entre los anexos V y AA, se encuentran las planillas de asignación de los dos modelos, para las 3 base de datos distintas. A continuación se puede ver un extracto que se obtuvo de la planilla de asignación del modelo 1 para la tercera base de datos.

Ilustración 24: Extracto planilla de asignación del modelo 1, BD3

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i01	rol21	proyect08				20
i01	rol21	proyect11			20	
i01	rol21	proyect18		20		
i01	rol22	proyect02	30			
i01	rol22	proyect08		30		
i01	rol22	proyect09		50		
i01	rol22	proyect13	60		40	40
i02	rol21	proyect01	80			
i02	rol21	proyect08			40	
i02	rol21	proyect11	20			
i02	rol21	proyect19		30		
i02	rol22	proyect03			30	
i02	rol22	proyect07		60		
i02	rol22	proyect08			20	
i02	rol22	proyect16				50
i02	rol22	proyect19				50
i03	rol21	proyect05	50			
i03	rol21	proyect06		60		
i03	rol21	proyect09			40	
i03	rol21	proyect13		30		30
i03	rol22	proyect07			60	
i03	rol22	proyect11				40
i03	rol22	proyect12	50			

Con esta planilla, es posible observar las distintas asignaciones y sus respectivos porcentajes de trabajo semanal, para los distintos consultores que desempeñan distintos roles, en los variados proyectos que posee la empresa en su cartera, durante un horizonte de 4 semanas.

11. CONCLUSIONES

11.1 CONCLUSIONES GENERALES

En este trabajo se logró diseñar un modelo de optimización que permite planificar la asignación semanal de los consultores de la empresa, a determinados proyectos, según el rol que desempeñe cada trabajador.

El problema fue abordado mediante la programación matemática lineal entera, lo que facilitó el hecho de imponer restricciones y la función objetivo a minimizar. La asignación que es realizada hoy en la empresa, demanda 2 reuniones extensas, los días jueves y viernes, por ende, esta herramienta conlleva a un mejor uso de los recursos disponibles, debido al corto tiempo de resolución que entrega el modelo. Este tiempo se reduce a 1 hora aproximadamente, que se divide en dos partes, 10 minutos para obtener resultados de la programación y 50 minutos en ordenar los resultados obtenidos y preparar una propuesta.

Se presentaron 2 modelos distintos. La función objetivo del primer modelo, se centra en la minimización de costos de asignación, y la del segundo, en minimizar una calificación de desempeño, donde valores cercanos a 1 indica un buen desempeño, y valores cercano a 5, lo contrario. Ambos modelos permiten realizar una asignación de los consultores, sin embargo cada uno tiene sus pros y contra.

El primer modelo es de fácil implementación para la empresa, debido a que usan datos establecidos y bien conocidos por ellos, ya que el principal parámetro a usar es el sueldo de los colaboradores. Para el segundo modelo, es necesario que un trabajador que lleve años en la empresa, tenga un alto cargo y conozca bien a su equipo, tome el papel de evaluador y asigne esta calificación de desempeño a sus consultores en los diferentes proyectos, lo que puede demorar más tiempo su ejecución.

Para una cartera de 15 proyectos de la empresa, que es la media, los resultados obtenidos del primer modelo, arrojaron que el costo de porcentajes ociosos de la asignación es mayor en comparación a los costos del segundo modelo. Esto tiene sentido, debido a que la función objetivo minimiza los costos de asignación, por ende colaboradores con un sueldo menor poseen menor cantidad de porcentaje ocioso y los con un sueldo más elevado poseen mayor cantidad de porcentajes ocioso. La diferencia en términos monetarios es de \$412.500 mensuales. De todas maneras, este modelo tiene un ventaja, ya que si eventualmente se presentan nuevos proyectos potenciales, la empresa posee en su "fondo de reserva", a consultores más capacitados que pueden captar este proyecto y entregar propuestas de calidad que el cliente acepte con gusto. Para una cartera de 20 proyectos, los resultados difieren levemente. Los costos de porcentaje ocioso en términos monetarios, indican que el modelo 1 sigue siendo más costoso, pero sólo por \$125.625 mensuales. Los roles que impactan de mayor manera los costos ociosos son los jefes de proyecto. Esto se debe a que en la base de datos no se incorporan la demanda de trabajo que poseen estos roles antes de que se inicie un proyecto, ya sean, las reuniones de acercamiento con el cliente, búsqueda de proyectos potenciales, etc.

Es importante considerar que el modelo también incluye a un "consultor multifacético", que tiene como fin, dar a conocer la falta de oferta laboral de la empresa para satisfacer la demanda de los proyectos. En la cartera de 20 proyectos, en la semana 1, no se pudo satisfacer la demanda completa de trabajo para el rol de consultor TI, sin embargo, existía oferta laboral que alcanzaba para satisfacer el 70% de esa demanda. Por ende, se recomienda revisar la planilla de asignaciones cada vez que se corra el modelo y observar el consultor multifacético si fue asignado o no. En caso positivo, será necesario distribuir esa falta de oferta laboral en los consultores que posean porcentajes ociosos.

Al realizar un análisis de sensibilidad al segundo modelo modificando el dato de la calificación, se genera un trade-off entre costos de porcentaje ocioso v/s desempeño de los consultores. Si no se decide evaluar a los consultores y se generan calificaciones aleatorias, el costo de porcentaje ocioso disminuye, sin embargo, el mal desempeño de ellos en los distintos proyectos aumenta en un 48%. Debido a que la empresa tiene como objetivo maximizar la rentabilidad, aumentando a su vez la calidad de sus servicios y sus consultores, la opción de realizar las calificaciones aleatorias no es factible en este caso.

11.2 RECOMENDACIONES

Si uno se sitúa en el caso de los 20 proyectos en los que se trabaja de forma paralela, es posible incorporar a un nuevo proyecto potencial, siempre y cuando se estime bien la demanda de cada uno de los diferentes roles. Esa estimación de la demanda es conocida por la empresa y queda a cargo de ella completamente. La recomendación que se propone, es la de correr el modelo, agregando este nuevo proyecto, y observar los resultados que se obtendrán. Lo más probable, es que se asigne varias veces al consultor multifacético, y luego, observando la planilla de asignaciones, será posible observar que rol necesita más oferta laboral. Posteriormente la empresa decidirá, según sus tiempos y avances de cada proyecto, si acepta o no este nuevo proyecto y a que consultores habrá que distribuir nuevamente.

El actual modelo entrega una solución a la asignación de los consultores. Los resultados obtenidos satisfacen en cierta parte la demanda, sin embargo existen porcentajes ociosos debido a que el modelo no es capaz de asignar estas fracciones de demanda que falta por satisfacer. Por esto, en un futuro se recomienda realizar cambios con el fin de complementar el trabajo realizado, pasando de un problema de optimización con variable binaria a una continua.

La variable de decisión en este nuevo problema debería definirse como la cantidad de oferta laboral de un consultor que es asignada a un proyecto en particular, que tomaría valores dentro del intervalo $[0,100]$. Las restricciones deberían ser las mismas, procurando satisfacer la demanda, no asignar más horas de lo ofertado por consultor, asignar los roles adecuados para cada proyecto, etc. La función objetivo podría ser mixta, es decir, minimizando costos o minimizando la calificación de desempeño (como se realiza actualmente), y agregando a ambas la minimización de la dispersión de la variable de decisión, con tal de no tener a un consultor en muchos proyectos trabajando

pequeñas cantidades de su oferta laboral. Esto debería conversarse con la empresa, debido a que ellos realizan sus predicciones y generan una carta gantt con la demanda de trabajo necesaria para los proyectos. La realización de este nuevo modelo continuo, eventualmente podría modificar estas demandas, sin embargo, es una opción bastante interesante a considerar.

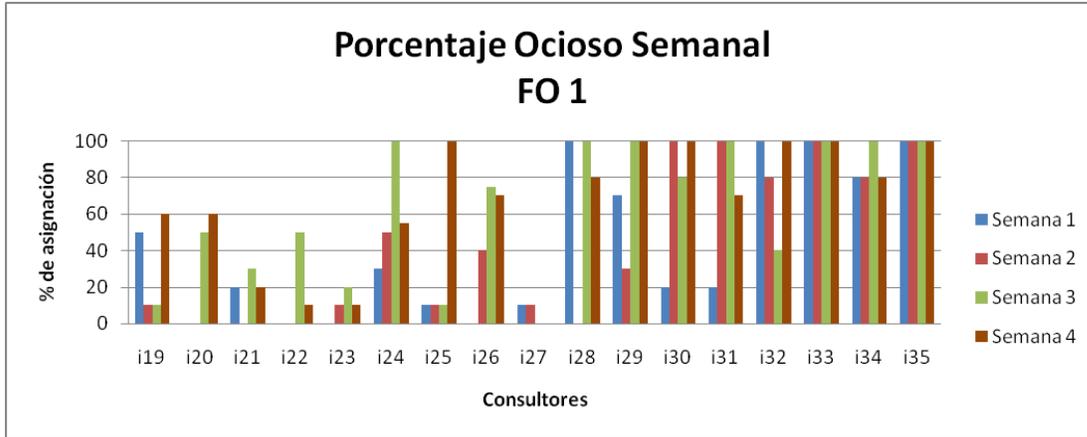
12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de Estadísticas. (2012, Junio) Índice de ventas de sectores de servicios. [Online]. http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/ivss/series_estadisticas.php
- [2] Espiñeira, Sheldon y Asociados, La inteligencia de negocios, 2008.
- [3] Samuel Varas Guevara. (2008, Abril) Columnas de opinión, UAI. [Online]. <http://www.uai.cl/columnas-de-opinion/business-analytics>
- [4] Humberto Andrés Bravo Quintero, "Metodología para optimizar dotación de personal en tiendas de especialidad," Departamento de Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Chile, Santiago, Chile, Memoria 2010.
- [5] Leonardo López, "Optimización, Capítulo 1 - Complejidad," Departamento de Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Chile, Santiago, Chile, Chile, Apuntes curso IN34A-Optimización 2008.
- [6] Santiago Díaz Smith, "Evaluación del método de generación de columnas para el problema de corte "Cutting Stock" usando heurísticas para la obtención de patrones de corte," Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México, Memoria 2009.
- [7] Andrea Qualizza and Paolo Serafini, "A column generation scheme for faculty timetabling," Department of Mathematics and Computer Science, University of Udine, Udine, Italy, paper 2004.
- [8] Leonardo López, Apuntes curso IN34a-Optimización, Capítulo 4, 2008.
- [9] Trilling Lorraine, Guinet Alain, and Magny Dominique Le, "Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming," Prisma Laboratory, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, Francia, Paper 2006.

13. ANEXOS

13.1 Anexo A.

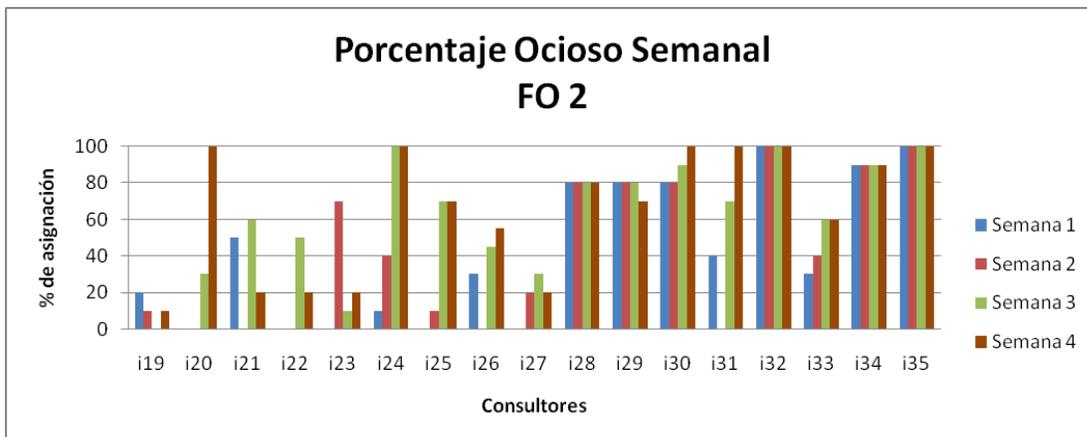
Ilustración 25: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD1, consultores i19-i35



Elaboración propia

13.2 Anexo B.

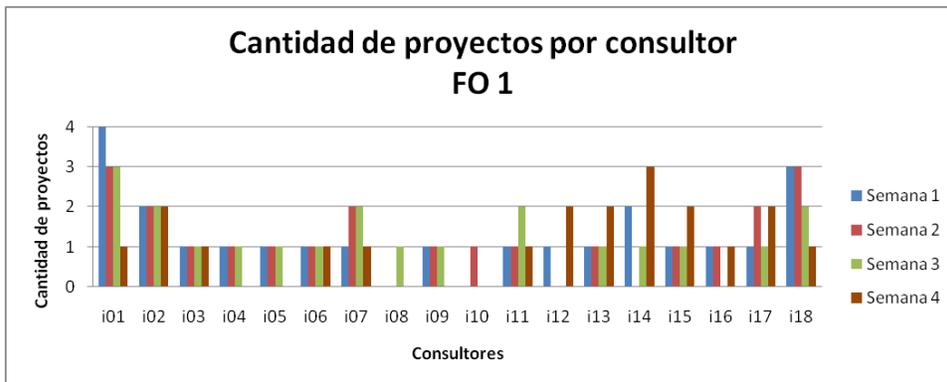
Ilustración 26: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD1, consultores i19-i35



Elaboración propia

13.3 Anexo C

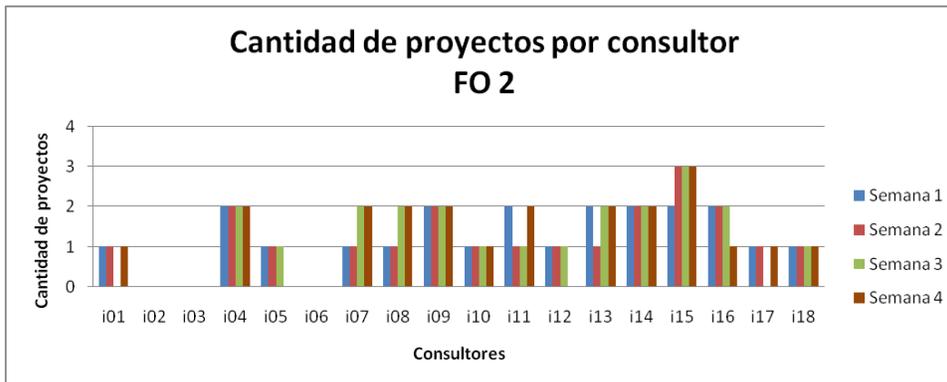
Ilustración 27: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD2, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.4 Anexo D

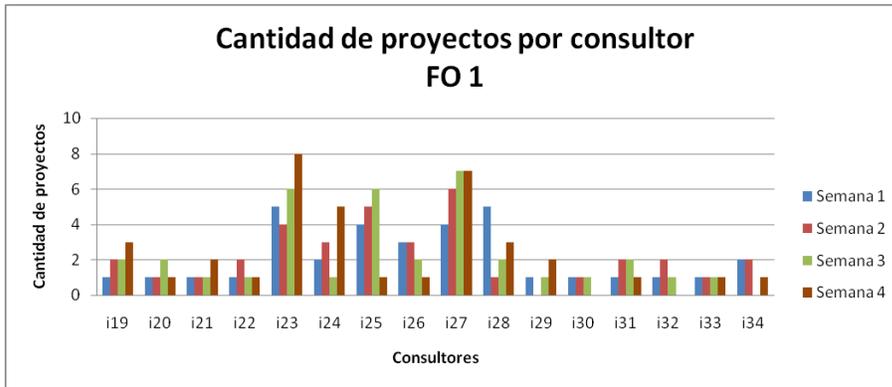
Ilustración 28: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD2, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.5 Anexo E

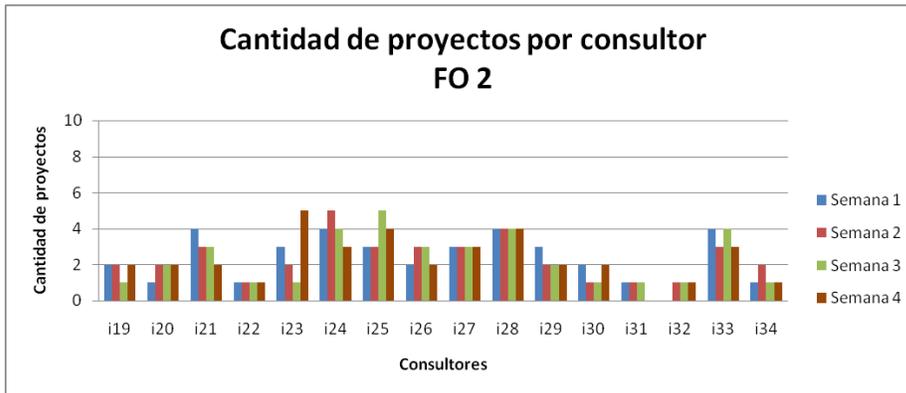
Ilustración 29: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD2, consultores i19-i34



Elaboración propia

13.6 Anexo F

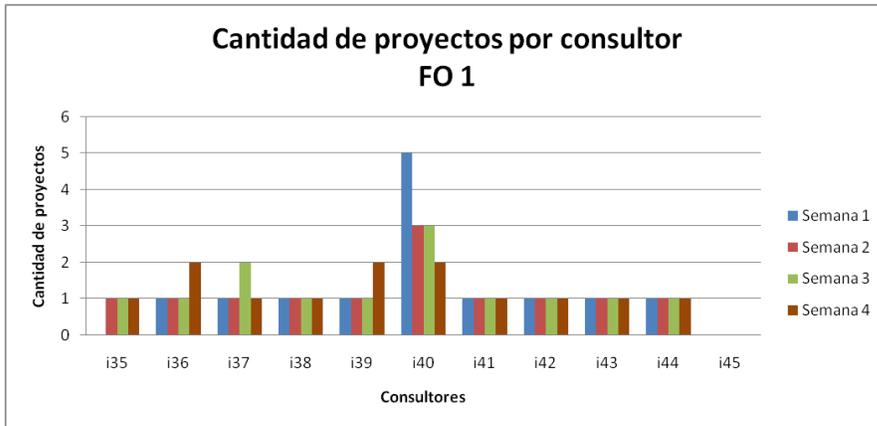
Ilustración 30: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD2, consultores i19-i34



Elaboración propia

13.7 Anexo G

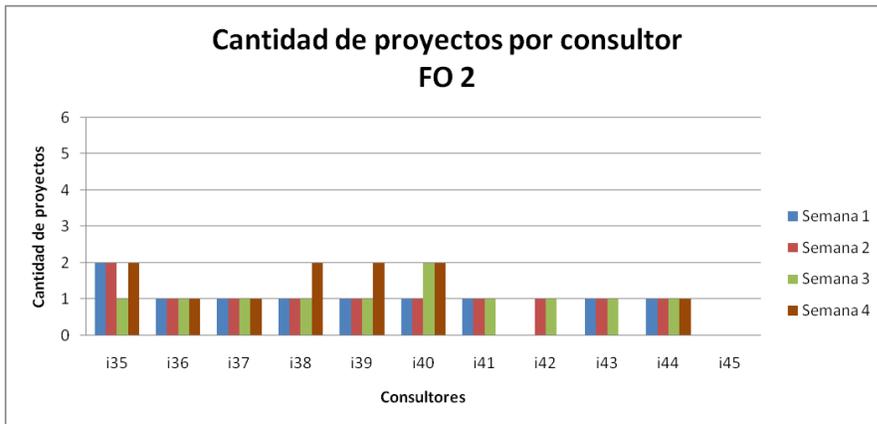
Ilustración 31: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD2, consultores i35-i45



Elaboración propia

13.8 Anexo H

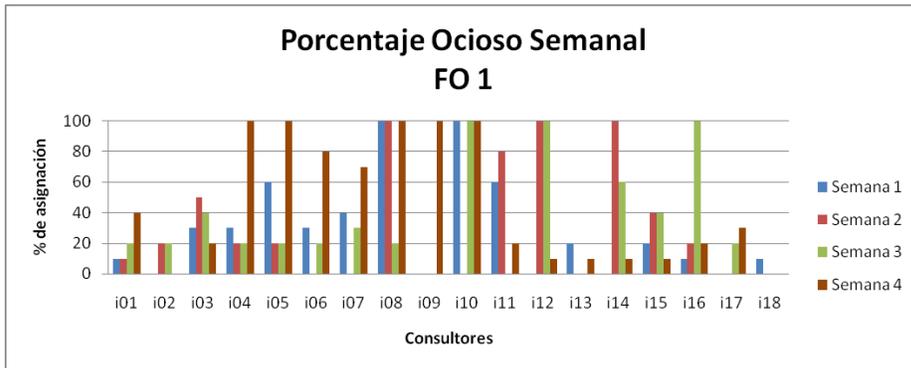
Ilustración 32: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD2, consultores i35-i45



Elaboración propia

13.9 Anexo I

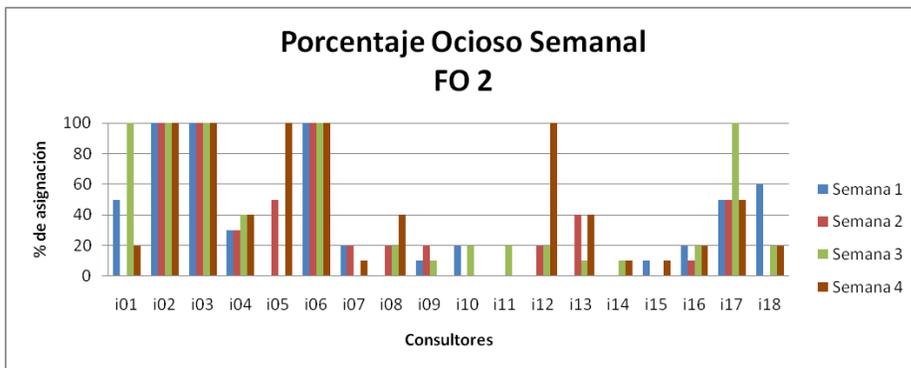
Ilustración 33: Porcentaje ocioso semana FO 1, BD2, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.10 Anexo J

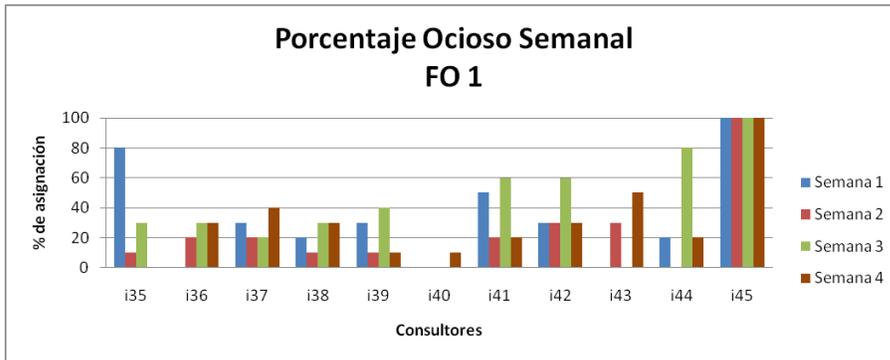
Ilustración 34: Porcentaje ocioso semanal FO 2; BD2, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.11 Anexo K

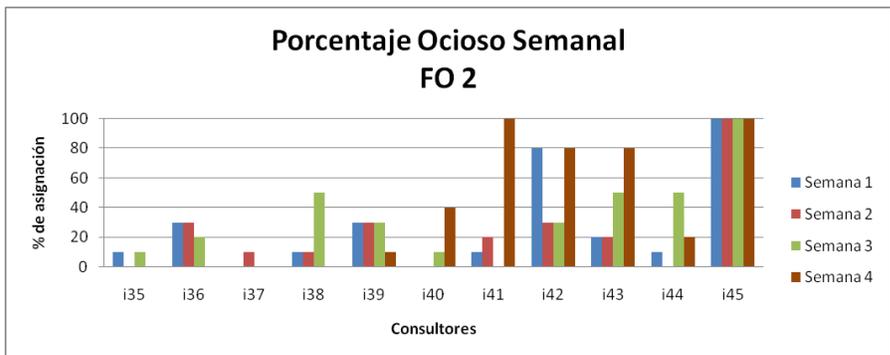
Ilustración 35: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD2, consultores i35-i45



Elaboración propia

13.12 Anexo L

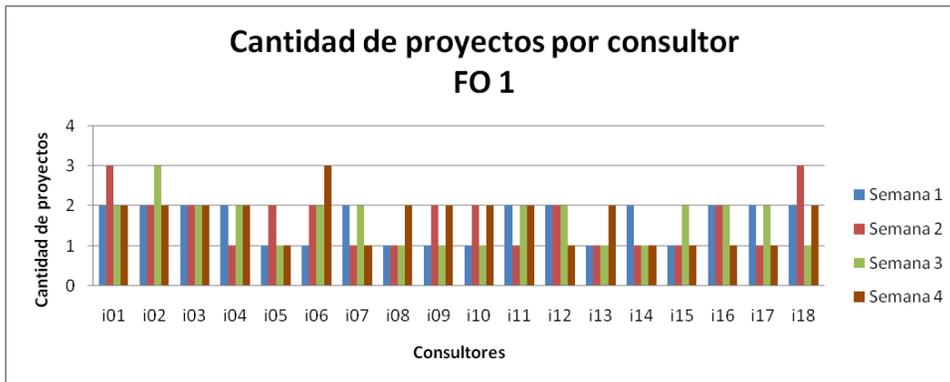
Ilustración 36: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD2, consultores i35-i45



Elaboración propia

13.13 Anexo M

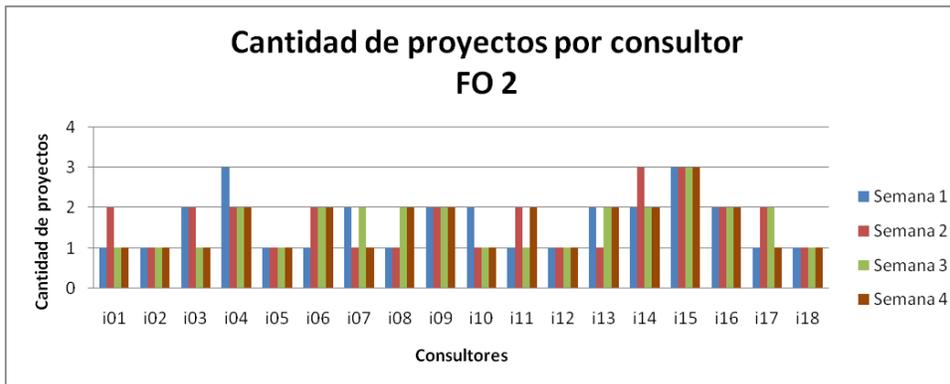
Ilustración 37: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD3, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.14 Anexo N

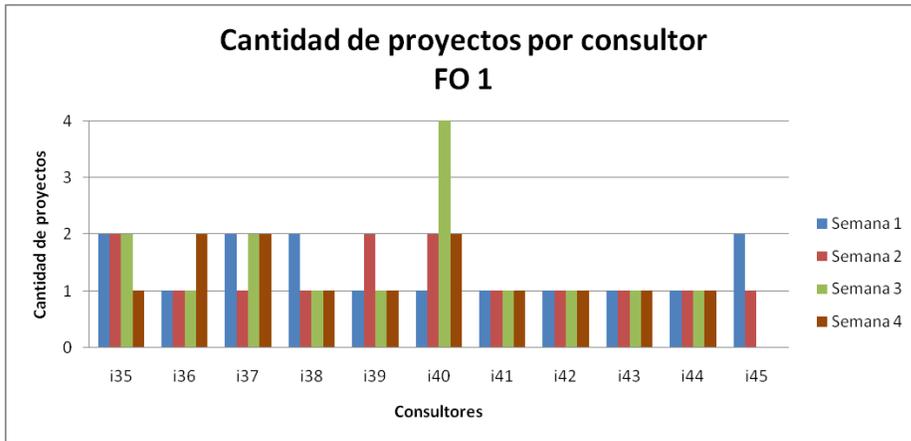
Ilustración 38: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD3, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.15 Anexo O

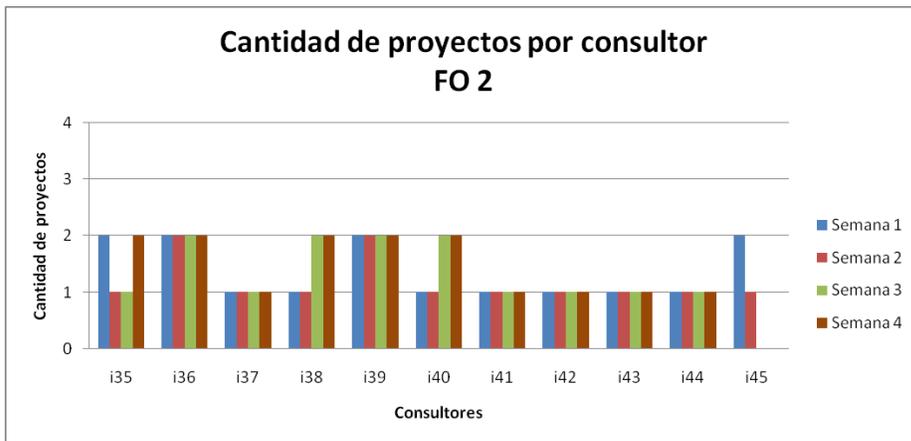
Ilustración 39: Cantidad de proyectos por consultor FO 1, BD3, consultores i35-i45



Elaboración propia

13.16 Anexo P

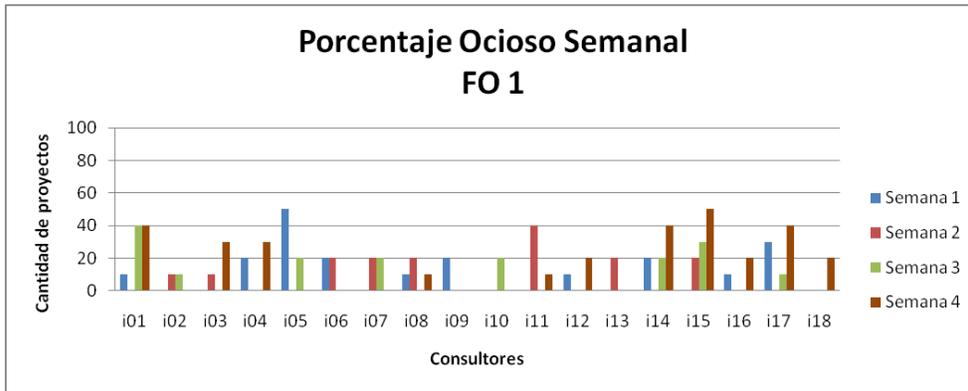
Ilustración 40: Cantidad de proyectos por consultor FO 2, BD3, consultores i35-i45



Elaboración propia

13.17 Anexo Q

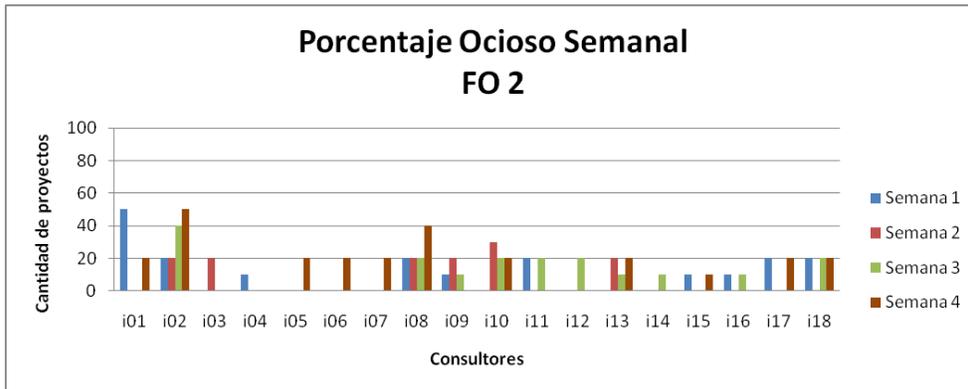
Ilustración 41: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD3, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.18 Anexo R

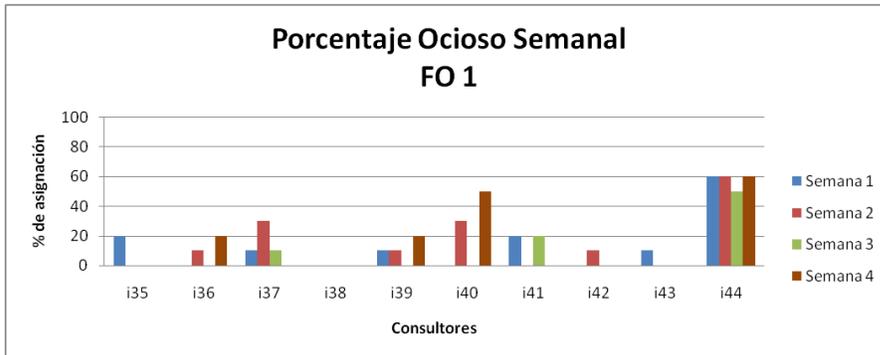
Ilustración 42: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD3, consultores i01-i18



Elaboración propia

13.19 Anexo S

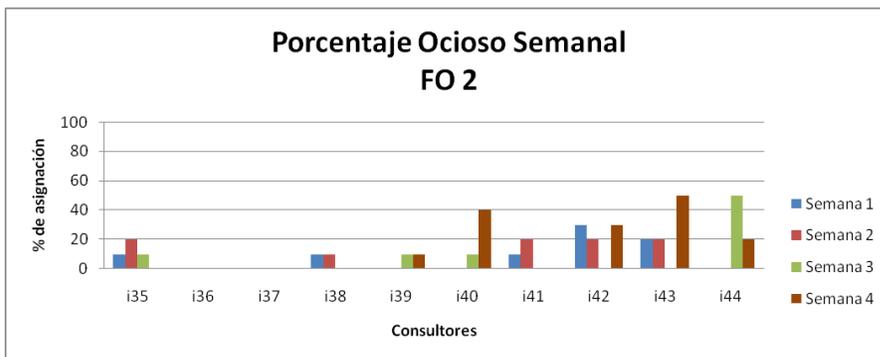
Ilustración 43: Porcentaje ocioso semanal FO 1, BD3, consultores i35-i44



Elaboración propia

13.20 Anexo T

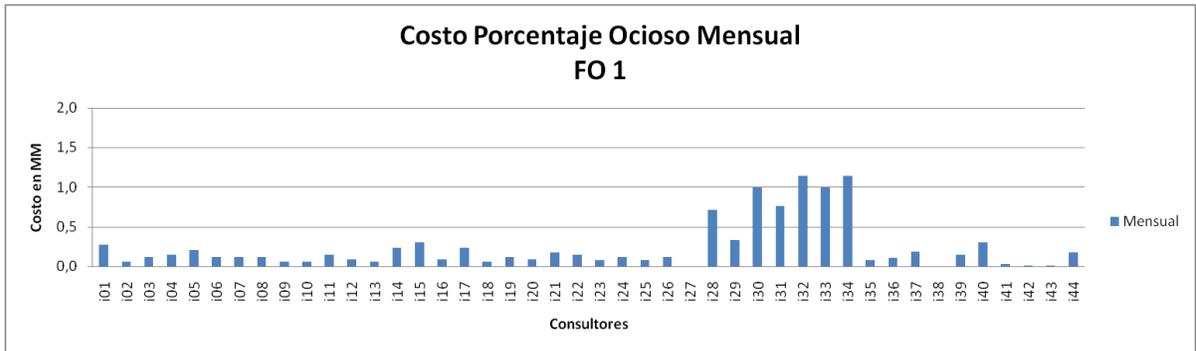
Ilustración 44: Porcentaje ocioso semanal FO 2, BD3, consultores i35-i44



Elaboración propia

13.21 Anexo U

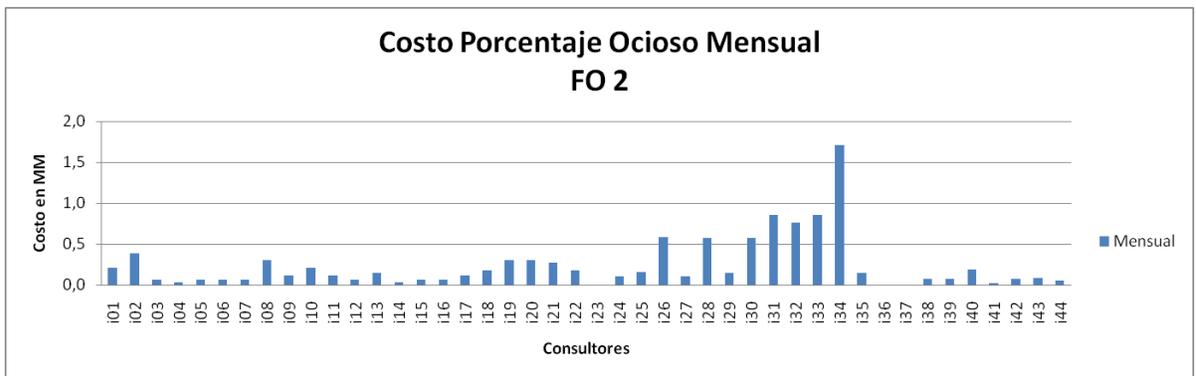
Ilustración 45: Distribución de costo de porcentajes ociosos mensuales FO 1, DB3



Elaboración propia

13.22 Anexo V

Ilustración 46: Distribución costo de porcentajes ociosos mensuales FO 2, DB3



Elaboración propia

13.23 Anexo W

Tabla 24: Planilla de asignación de consultores del modelo 1 para BD1

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i01	rol21	proyector03		70		
i01	rol21	proyector04				20
i01	rol21	proyector08			40	
i01	rol22	proyector02				50
i01	rol22	proyector03	50		30	
i01	rol22	proyector06			30	
i01	rol22	proyector08				20
i01	rol22	proyector09	30			
i02	rol21	proyector03	70			
i02	rol21	proyector07		80		
i02	rol22	proyector01				80
i02	rol22	proyector10			40	
i03	rol21	proyector02				80
i03	rol21	proyector09		60		
i03	rol21	proyector10	90		70	
i03	rol22	proyector10		20		
i04	rol21	proyector01				80
i04	rol22	proyector04	100			
i04	rol22	proyector07		60	60	
i05	rol21	proyector05	50		50	
i05	rol22	proyector06		50		
i05	rol22	proyector08		30		
i05	rol22	proyector10	20			
i06	rol22	proyector02			50	
i06	rol22	proyector04		80		
i07	rol21	proyector08		20		
i08	rol21	proyector01		100		
i08	rol21	proyector04			20	
i08	rol21	proyector06			20	
i08	rol22	proyector04				40
i08	rol22	proyector08	30			
i09	rol21	proyector04	80			
i09	rol21	proyector06				20
i09	rol22	proyector08			20	
i09	rol22	proyector09		50	50	30
i09	rol22	proyector10				40
i10	rol21	proyector03			100	
i10	rol22	proyector03		50		30
i10	rol22	proyector06	50			30

i11	rol21	proyect01			80	
i11	rol21	proyect05		50		
i11	rol21	proyect06	60			
i11	rol21	proyect10				50
i11	rol22	proyect07				40
i12	rol22	proyect02	30	30		
i12	rol22	proyect05	50		50	50
i13	rol21	proyect02		70	80	
i13	rol21	proyect07				80
i13	rol21	proyect08	20			20
i13	rol22	proyect01	40			
i14	rol21	proyect01	80			
i14	rol21	proyect03				50
i14	rol22	proyect05		50		
i15	rol21	proyect05				50
i15	rol21	proyect09			40	
i15	rol22	proyect01		100		
i15	rol22	proyect07	50			
i16	rol21	proyect02	70			
i16	rol21	proyect07			80	
i16	rol21	proyect09				30
i16	rol21	proyect10		80		
i17	rol21	proyect04		70		
i17	rol21	proyect07	80			
i17	rol22	proyect01			80	
i18	rol21	proyect06		60		
i18	rol21	proyect09	70			
i18	rol22	proyect04			60	
i19	rol1	proyect02		90		
i19	rol1	proyect03				20
i19	rol1	proyect04			50	
i19	rol1	proyect06	50		40	
i19	rol1	proyect08				20
i20	rol1	proyect03		80		
i20	rol1	proyect04		20		
i20	rol1	proyect06				40
i20	rol1	proyect08	100			
i20	rol1	proyect10			50	
i21	rol1	proyect03			20	
i21	rol1	proyect04				80
i21	rol1	proyect06		50		
i21	rol1	proyect08			50	
i21	rol1	proyect10	80	50		

i22	rol1	proyect03	80			
i22	rol1	proyect04	20			
i22	rol1	proyect05			50	80
i22	rol1	proyect08		100		
i22	rol1	proyect10				10
i23	rol3	proyect01				10
i23	rol3	proyect03		50		20
i23	rol3	proyect04				10
i23	rol3	proyect05			20	10
i23	rol3	proyect06		40	10	10
i23	rol3	proyect07	30		20	20
i23	rol3	proyect08			30	
i23	rol3	proyect09	50			
i23	rol3	proyect10	20			10
i24	rol3	proyect02				25
i24	rol3	proyect06	40			
i24	rol3	proyect07		30		
i24	rol3	proyect08	30			
i24	rol3	proyect09				20
i24	rol3	proyect10		20		
i25	rol3	proyect01	20	10	20	
i25	rol3	proyect02	30	30		
i25	rol3	proyect03			20	
i25	rol3	proyect04			20	
i25	rol3	proyect05	40			
i25	rol3	proyect08		30		
i25	rol3	proyect09		20	20	
i25	rol3	proyect10			10	
i26	rol3	proyect02			25	
i26	rol3	proyect03	50			
i26	rol3	proyect04	50	30		
i26	rol3	proyect05		30		
i26	rol3	proyect08				30
i27	rol4	proyect02	10	10	10	10
i27	rol4	proyect03	10	10	10	10
i27	rol4	proyect04		20	10	10
i27	rol4	proyect07		20	10	10
i27	rol4	proyect08	10	10	10	10
i27	rol4	proyect09	20		20	20
i27	rol4	proyect10	20		10	10
i28	rol4	proyect01		100		
i28	rol4	proyect06				20
i29	rol4	proyect05		50		

i29	rol4	proyect06		20		
i29	rol4	proyect07	30			
i30	rol4	proyect05	80			
i30	rol4	proyect06			20	
i31	rol4	proyect01	60			30
i31	rol4	proyect06	20			
i32	rol4	proyect01			30	
i32	rol4	proyect05			30	
i32	rol4	proyect09		20		
i34	rol4	proyect04	20			
i34	rol4	proyect05				20
i34	rol4	proyect10		20		
i35	rol1	proyect02	90			

13.24 Anexo X

Tabla 25: Planilla de asignación de consultores del modelo 2 para BD1

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i03	rol21	proyect03	70	70		
i06	rol21	proyect04			20	
i06	rol22	proyect04	100	80		40
i07	rol21	proyect06				20
i07	rol21	proyect07	80	80		
i07	rol22	proyect07			60	40
i08	rol21	proyect03				50
i08	rol21	proyect04	80	70		20
i08	rol22	proyect03			30	30
i08	rol22	proyect04			60	
i09	rol21	proyect02	70	70		80
i09	rol21	proyect03			100	
i10	rol21	proyect01		100		80
i10	rol22	proyect01	40		80	
i11	rol21	proyect02			80	
i11	rol21	proyect06	60	60		
i11	rol21	proyect08				20
i11	rol22	proyect08	30	30	20	20
i12	rol21	proyect07			80	80
i12	rol22	proyect07	50	60		
i13	rol21	proyect09	70	60	40	30
i13	rol22	proyect09	30		50	30
i14	rol21	proyect10				50
i14	rol22	proyect02	30	30	50	

i14	rol22	proyect03	50			
i14	rol22	proyect09		50		
i14	rol22	proyect10	20	20	40	40
i15	rol21	proyect06			20	
i15	rol21	proyect08	20	20	40	
i15	rol21	proyect10		80		
i15	rol22	proyect06	50		30	
i16	rol21	proyect10	90		70	
i16	rol22	proyect02				50
i16	rol22	proyect03		50		
i16	rol22	proyect06		50		30
i17	rol21	proyect05	50	50	50	50
i17	rol22	proyect05	50	50	50	50
i18	rol21	proyect01	80		80	
i18	rol22	proyect01		100		80
i19	rol1	proyect02		90		
i19	rol1	proyect05			50	80
i19	rol1	proyect10	80		50	10
i20	rol1	proyect03			20	
i20	rol1	proyect08	100	100	50	
i21	rol1	proyect03				20
i21	rol1	proyect06	50	50	40	40
i21	rol1	proyect08				20
i21	rol1	proyect10		50		
i22	rol1	proyect03	80	80		
i22	rol1	proyect04	20	20	50	80
i23	rol3	proyect03			20	20
i23	rol3	proyect05	40	30	20	10
i23	rol3	proyect07	30		20	20
i23	rol3	proyect08	30		30	30
i24	rol3	proyect06	40			
i24	rol3	proyect07		30		
i24	rol3	proyect08		30		
i24	rol3	proyect09	50			
i25	rol3	proyect02	30			
i25	rol3	proyect03	50	50		
i25	rol3	proyect09		20	20	20
i25	rol3	proyect10	20	20	10	10
i26	rol3	proyect01	20			
i26	rol3	proyect02		30	25	25
i26	rol3	proyect04	50	30	20	10
i26	rol3	proyect06		40	10	10
i27	rol3	proyect01		10	20	10

i27	rol4	proyect01				30
i27	rol4	proyect05	80	50	30	20
i28	rol4	proyect02	10	10	10	10
i28	rol4	proyect08	10	10	10	10
i29	rol4	proyect04				10
i29	rol4	proyect06	20	20	20	20
i30	rol4	proyect04	20	20	10	
i31	rol4	proyect01	60	100	30	
i33	rol4	proyect07	30	20	10	10
i33	rol4	proyect09	20	20	20	20
i33	rol4	proyect10	20	20	10	10
i34	rol4	proyect03	10	10	10	10
i35	rol1	proyect02	90			

13.25 Anexo Y

Tabla 26: Planilla de asignación de consultores del modelo 1 para BD2

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i01	rol21	proyect08	20			
i01	rol21	proyect11	20	20	20	
i01	rol21	proyect12		40		
i01	rol21	proyect13	30	30		
i01	rol22	proyect03			30	
i01	rol22	proyect06			30	
i01	rol22	proyect10	20			
i01	rol22	proyect12				60
i02	rol21	proyect04				20
i02	rol21	proyect05	50			
i02	rol21	proyect08			40	
i02	rol21	proyect12			40	
i02	rol21	proyect14				80
i02	rol22	proyect08		30		
i02	rol22	proyect11	50			
i02	rol22	proyect15		50		
i03	rol21	proyect05		50		
i03	rol21	proyect07				80
i03	rol21	proyect09	70			
i03	rol22	proyect07			60	
i04	rol21	proyect02	70			
i04	rol21	proyect14		80		
i04	rol22	proyect01			80	
i05	rol21	proyect07		80		

i05	rol22	proyect01	40			
i05	rol22	proyect15			80	
i06	rol21	proyect03	70			
i06	rol21	proyect07			80	
i06	rol21	proyect08				20
i06	rol22	proyect14		100		
i07	rol21	proyect06			20	
i07	rol22	proyect03				30
i07	rol22	proyect09		50	50	
i07	rol22	proyect11		50		
i07	rol22	proyect13	60			
i08	rol21	proyect02			80	
i09	rol21	proyect03			100	
i09	rol21	proyect15		100		
i09	rol22	proyect14	100			
i10	rol21	proyect01		100		
i11	rol21	proyect10			70	
i11	rol21	proyect12	40			
i11	rol21	proyect13			30	
i11	rol22	proyect10		20		
i11	rol22	proyect15				80
i12	rol22	proyect04	100			
i12	rol22	proyect11				40
i12	rol22	proyect14				50
i13	rol21	proyect07	80			
i13	rol21	proyect15			100	
i13	rol22	proyect01		100		
i13	rol22	proyect02				50
i13	rol22	proyect13				40
i14	rol21	proyect13				30
i14	rol22	proyect05	50			
i14	rol22	proyect06	50			
i14	rol22	proyect08				20
i14	rol22	proyect10				40
i14	rol22	proyect11			40	
i15	rol21	proyect01	80			
i15	rol21	proyect03				50
i15	rol21	proyect12				40
i15	rol22	proyect04			60	
i15	rol22	proyect07		60		
i16	rol21	proyect02				80
i16	rol21	proyect10	90	80		
i17	rol21	proyect01			80	

i17	rol21	proyect06		60		
i17	rol21	proyect15	100			
i17	rol22	proyect06				30
i17	rol22	proyect07				40
i17	rol22	proyect12		40		
i18	rol21	proyect08		20		
i18	rol21	proyect15				100
i18	rol22	proyect02	30	30	50	
i18	rol22	proyect05		50	50	
i18	rol22	proyect08	30			
i18	rol22	proyect09	30			
i19	rol1	proyect03			20	
i19	rol1	proyect04				80
i19	rol1	proyect08			50	
i19	rol1	proyect10	80	50		10
i19	rol1	proyect12				10
i19	rol1	proyect13		20		
i20	rol1	proyect04			50	
i20	rol1	proyect06		50		
i20	rol1	proyect08	100			
i20	rol1	proyect10			50	
i20	rol1	proyect11				20
i21	rol1	proyect03		80		20
i21	rol1	proyect06	50		40	40
i22	rol1	proyect02	90	90		
i22	rol1	proyect08				20
i22	rol1	proyect13			20	
i22	rol1	proyect14		10		
i23	rol3	proyect01	20		20	10
i23	rol3	proyect02	30		25	
i23	rol3	proyect04				10
i23	rol3	proyect05		30		
i23	rol3	proyect06			10	
i23	rol3	proyect09			20	20
i23	rol3	proyect10		20	10	10
i23	rol3	proyect12	20	20		20
i23	rol3	proyect13	20	20	10	10
i23	rol3	proyect14				10
i23	rol3	proyect15	10			10
i24	rol3	proyect03	50	50		
i24	rol3	proyect04	50			
i24	rol3	proyect05				10
i24	rol3	proyect06				10

i24	rol3	proyect07			20	20
i24	rol3	proyect08		30		30
i24	rol3	proyect11				30
i24	rol3	proyect15		10		
i25	rol3	proyect01		10		
i25	rol3	proyect02		30		
i25	rol3	proyect03			20	20
i25	rol3	proyect04			20	
i25	rol3	proyect05	40		20	
i25	rol3	proyect07		30		
i25	rol3	proyect08	30			
i25	rol3	proyect09		20		
i25	rol3	proyect10	20			
i25	rol3	proyect12			20	
i25	rol3	proyect14	10	10	10	
i25	rol3	proyect15			10	
i26	rol3	proyect02				25
i26	rol3	proyect04		30		
i26	rol3	proyect06	40	40		
i26	rol3	proyect07	30			
i26	rol3	proyect08			30	
i26	rol3	proyect11	30	30	30	
i27	rol3	proyect09	50			
i27	rol4	proyect02		10	10	10
i27	rol4	proyect03	10	10	10	10
i27	rol4	proyect04			10	10
i27	rol4	proyect07			10	10
i27	rol4	proyect08	10	10	10	10
i27	rol4	proyect09		20		
i27	rol4	proyect10			10	10
i27	rol4	proyect12		20		
i27	rol4	proyect14	10	10	10	10
i28	rol4	proyect01		100		
i28	rol4	proyect02	10			
i28	rol4	proyect04	20			
i28	rol4	proyect05				20
i28	rol4	proyect06	20			20
i28	rol4	proyect07	30			
i28	rol4	proyect09			20	
i28	rol4	proyect12	20		20	20
i29	rol4	proyect01				30
i29	rol4	proyect10	20			
i29	rol4	proyect11			50	

i29	rol4	proyect13				30
i30	rol4	proyect01	60			
i30	rol4	proyect06			20	
i30	rol4	proyect07		20		
i31	rol4	proyect01			30	
i31	rol4	proyect05		50	30	
i31	rol4	proyect11	50	50		50
i32	rol4	proyect10		20		
i32	rol4	proyect13	30	30		
i32	rol4	proyect15			20	
i33	rol4	proyect06		20		
i33	rol4	proyect09				20
i33	rol4	proyect13			30	
i33	rol4	proyect15	20			
i34	rol4	proyect04		20		
i34	rol4	proyect05	80			
i34	rol4	proyect09	20			
i34	rol4	proyect15		20		20
i35	rol21	proyect01				80
i35	rol21	proyect02		70		
i35	rol21	proyect05			50	
i36	rol21	proyect04	80			
i36	rol21	proyect11				20
i36	rol22	proyect09				30
i36	rol22	proyect13		60		
i36	rol22	proyect14			50	
i37	rol21	proyect04			20	
i37	rol21	proyect09		60	40	
i37	rol22	proyect04				40
i37	rol22	proyect12	50			
i38	rol21	proyect04		70		
i38	rol21	proyect06	60			
i38	rol21	proyect10				50
i38	rol22	proyect12			50	
i39	rol21	proyect03		70		
i39	rol21	proyect05				50
i39	rol21	proyect06				20
i39	rol22	proyect10			40	
i39	rol22	proyect15	50			
i40	rol1	proyect04	20	20		
i40	rol1	proyect05			50	
i40	rol1	proyect11	10	50	20	
i40	rol1	proyect12	10	10	10	

i40	rol1	proyect13	20			20
i40	rol1	proyect14	20			50
i41	rol22	proyect01				80
i41	rol22	proyect03	50			
i41	rol22	proyect04		80		
i41	rol22	proyect13			40	
i42	rol22	proyect03		50		
i42	rol22	proyect05				50
i42	rol22	proyect07	50			
i42	rol22	proyect08			20	
i43	rol21	proyect09				30
i43	rol21	proyect14	80		80	
i43	rol22	proyect06		50		
i44	rol1	proyect03	80			
i44	rol1	proyect05				80
i44	rol1	proyect08		100		
i44	rol1	proyect14			20	

13.26 Anexo Z

Tabla 27: Planilla de asignación de consultores del modelo 2 para BD2

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i01	rol21	proyector15		100		
i01	rol22	proyector15	50			80
i04	rol21	proyector11	20	20	20	20
i04	rol22	proyector11	50	50	40	40
i05	rol21	proyector15	100		100	
i05	rol22	proyector15		50		
i07	rol21	proyector06			20	
i07	rol21	proyector07	80		80	
i07	rol21	proyector14		80		
i07	rol22	proyector07				40
i07	rol22	proyector14				50
i08	rol21	proyector04			20	20
i08	rol22	proyector04	100	80	60	40
i09	rol21	proyector12	40	40	40	40
i09	rol22	proyector12	50	40	50	60
i10	rol21	proyector01	80	100		
i10	rol21	proyector15				100
i10	rol22	proyector15			80	
i11	rol21	proyector02			80	80
i11	rol21	proyector08	20			20
i11	rol21	proyector14	80			
i11	rol22	proyector14		100		
i12	rol21	proyector07		80		
i12	rol21	proyector14			80	
i12	rol22	proyector14	100			
i13	rol21	proyector09	70	60	40	30
i13	rol22	proyector09	30		50	30
i14	rol21	proyector02	70	70		
i14	rol22	proyector02	30	30	50	50
i14	rol22	proyector10			40	40
i15	rol21	proyector06				20
i15	rol21	proyector08		20	40	
i15	rol21	proyector13				30
i15	rol22	proyector06		50		
i15	rol22	proyector08	30	30	20	
i15	rol22	proyector13	60		40	40
i16	rol21	proyector13	30	30	30	
i16	rol21	proyector14				80
i16	rol22	proyector06	50			

i16	rol22	proyect13		60		
i16	rol22	proyect14			50	
i17	rol21	proyect05		50		50
i17	rol22	proyect05	50			
i18	rol21	proyect01				80
i18	rol22	proyect01	40	100	80	
i19	rol1	proyect04		20		
i19	rol1	proyect10	80	50	50	10
i19	rol1	proyect11	10			20
i20	rol1	proyect08	100			
i20	rol1	proyect11		50	20	
i20	rol1	proyect12		10	10	10
i20	rol1	proyect14				50
i21	rol1	proyect06	50	50	40	40
i21	rol1	proyect12	10			
i21	rol1	proyect13	20	20	20	20
i21	rol1	proyect14	20	10	20	
i22	rol1	proyect02		90		
i22	rol1	proyect04	20		50	80
i23	rol3	proyect03	50			20
i23	rol3	proyect05		30	20	10
i23	rol3	proyect07				20
i23	rol3	proyect11	30	30		30
i23	rol3	proyect14	10			10
i24	rol3	proyect02	30			
i24	rol3	proyect06				10
i24	rol3	proyect07	30	30	20	
i24	rol3	proyect08	30	30	30	
i24	rol3	proyect09		20		20
i24	rol3	proyect14		10	10	
i24	rol3	proyect15	10	10	10	10
i25	rol3	proyect03		50	20	
i25	rol3	proyect08				30
i25	rol3	proyect09	50		20	
i25	rol3	proyect10	20	20	10	10
i25	rol3	proyect12	20	20	20	20
i25	rol3	proyect13			10	10
i26	rol3	proyect02		30	25	25
i26	rol3	proyect04	50	30	20	10
i26	rol3	proyect06	40	40	10	
i27	rol3	proyect01	20	10	20	10
i27	rol3	proyect05	40			
i27	rol3	proyect11			30	

i27	rol3	proyect13	20	20		
i27	rol4	proyect01				30
i27	rol4	proyect05		50	30	20
i28	rol4	proyect02	10	10	10	10
i28	rol4	proyect08	10	10	10	10
i28	rol4	proyect11	50	50	50	50
i28	rol4	proyect13	30	30	30	30
i29	rol4	proyect04	20	20	10	10
i29	rol4	proyect06	20	20	20	20
i29	rol4	proyect15	20			
i30	rol4	proyect05	80			
i30	rol4	proyect12	20	20	20	20
i30	rol4	proyect14				10
i31	rol4	proyect01	60	100	30	
i32	rol4	proyect15		20	20	20
i33	rol4	proyect07	30		10	10
i33	rol4	proyect09	20	20	20	20
i33	rol4	proyect10	20	20	10	10
i33	rol4	proyect14	10	10	10	
i34	rol4	proyect03	10	10	10	10
i34	rol4	proyect07		20		
i35	rol21	proyect10			70	50
i35	rol22	proyect06				30
i35	rol22	proyect07	50	60		
i35	rol22	proyect10	20	20		
i36	rol21	proyect07				80
i36	rol22	proyect03	50	50		
i36	rol22	proyect07			60	
i37	rol21	proyect01			80	
i37	rol21	proyect04	80	70		
i37	rol22	proyect01				80
i38	rol21	proyect03	70	70		50
i38	rol22	proyect03			30	30
i39	rol21	proyect05	50			
i39	rol22	proyect05		50	50	50
i39	rol22	proyect08				20
i40	rol1	proyect03	80	80	20	20
i40	rol1	proyect08			50	20
i41	rol21	proyect03			100	
i41	rol21	proyect10	90	80		
i42	rol21	proyect05			50	
i42	rol22	proyect09		50		
i43	rol21	proyect06	60	60		

i43	rol22	proyect06			30	
i44	rol1	proyect02	90			
i44	rol1	proyect05			50	80
i44	rol1	proyect08		100		

13.27 Anexo AA

Tabla 28: Planilla de asignación de consultores del modelo 1 para BD3

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i01	rol21	proyect08				20
i01	rol21	proyect11			20	
i01	rol21	proyect18		20		
i01	rol22	proyect02	30			
i01	rol22	proyect08		30		
i01	rol22	proyect09		50		
i01	rol22	proyect13	60		40	40
i02	rol21	proyect01	80			
i02	rol21	proyect08			40	
i02	rol21	proyect11	20			
i02	rol21	proyect19		30		
i02	rol22	proyect03			30	
i02	rol22	proyect07		60		
i02	rol22	proyect08			20	
i02	rol22	proyect16				50
i02	rol22	proyect19				50
i03	rol21	proyect05	50			
i03	rol21	proyect06		60		
i03	rol21	proyect09			40	
i03	rol21	proyect13		30		30
i03	rol22	proyect07			60	
i03	rol22	proyect11				40
i03	rol22	proyect12	50			
i04	rol21	proyect05			50	
i04	rol21	proyect13	30			
i04	rol21	proyect15		100		
i04	rol22	proyect03				30
i04	rol22	proyect04				40
i04	rol22	proyect05			50	
i04	rol22	proyect19	50			
i05	rol21	proyect17	50			
i05	rol21	proyect19				100
i05	rol21	proyect20			80	

i05	rol22	proyect05		50		
i05	rol22	proyect19		50		
i06	rol21	proyect04				20
i06	rol21	proyect05				50
i06	rol21	proyect10			70	
i06	rol21	proyect11		20		
i06	rol21	proyect13			30	
i06	rol21	proyect16	80			
i06	rol22	proyect09				30
i06	rol22	proyect18		60		
i07	rol21	proyect06	60			
i07	rol21	proyect17				100
i07	rol22	proyect01	40			
i07	rol22	proyect04		80		
i07	rol22	proyect06			30	
i07	rol22	proyect14			50	
i08	rol21	proyect07		80		
i08	rol21	proyect10	90			
i08	rol21	proyect15			100	
i08	rol22	proyect02				50
i08	rol22	proyect10				40
i09	rol21	proyect01				80
i09	rol21	proyect03			100	
i09	rol21	proyect07	80			
i09	rol22	proyect08				20
i09	rol22	proyect15		50		
i09	rol22	proyect20		50		
i10	rol21	proyect05		50		
i10	rol21	proyect15	100			
i10	rol22	proyect16		50		
i10	rol22	proyect17				20
i10	rol22	proyect20			80	80
i11	rol21	proyect16			60	
i11	rol22	proyect05				50
i11	rol22	proyect06	50			
i11	rol22	proyect07				40
i11	rol22	proyect10			40	
i11	rol22	proyect13		60		
i11	rol22	proyect15	50			
i12	rol21	proyect02	70			80
i12	rol21	proyect17		50		
i12	rol22	proyect02			50	
i12	rol22	proyect06		50		

i12	rol22	proyect09			50	
i12	rol22	proyect17	20			
i13	rol21	proyect07				80
i13	rol21	proyect11				20
i13	rol21	proyect16		80		
i13	rol21	proyect17			100	
i13	rol22	proyect04	100			
i14	rol21	proyect01			80	
i14	rol22	proyect01		100		
i14	rol22	proyect10	20			
i14	rol22	proyect12				60
i14	rol22	proyect18	60			
i15	rol21	proyect04			20	
i15	rol21	proyect10		80		50
i15	rol22	proyect14	100			
i15	rol22	proyect19			50	
i16	rol21	proyect04		70		
i16	rol21	proyect12	40			
i16	rol22	proyect02		30		
i16	rol22	proyect04			60	
i16	rol22	proyect07	50			
i16	rol22	proyect11			40	
i16	rol22	proyect15				80
i17	rol21	proyect12			40	
i17	rol21	proyect18	20			60
i17	rol22	proyect14		100		
i17	rol22	proyect16	50		50	
i18	rol21	proyect09				30
i18	rol21	proyect12		40		
i18	rol21	proyect19			100	
i18	rol22	proyect11	50			
i18	rol22	proyect12		40		
i18	rol22	proyect14				50
i18	rol22	proyect17		20		
i18	rol22	proyect20	50			
i19	rol1	proyect02	90			
i19	rol1	proyect06			40	
i19	rol1	proyect10		50		
i19	rol1	proyect11		50		20
i19	rol1	proyect13				20
i19	rol1	proyect16	10			
i19	rol1	proyect18			40	40
i20	rol1	proyect02		90		

i20	rol1	proyect04	20		50	
i20	rol1	proyect06	50			
i20	rol1	proyect12		10		10
i20	rol1	proyect13	20			
i20	rol1	proyect14				50
i20	rol1	proyect16				10
i20	rol1	proyect19			40	20
i21	rol1	proyect03		80		
i21	rol1	proyect04				80
i21	rol1	proyect08			50	
i21	rol1	proyect10	80			
i21	rol1	proyect12			10	
i21	rol1	proyect20	20	20		
i22	rol1	proyect04		20		
i22	rol1	proyect05			50	80
i22	rol1	proyect06		50		
i22	rol1	proyect08				20
i22	rol1	proyect11	10			
i22	rol1	proyect12	10			
i22	rol1	proyect13		20		
i22	rol1	proyect14	20			
i22	rol1	proyect16		10	10	
i22	rol1	proyect19	50			
i23	rol3	proyect01	20	10		10
i23	rol3	proyect03			20	
i23	rol3	proyect04		30		
i23	rol3	proyect05			20	
i23	rol3	proyect06	40			
i23	rol3	proyect07			20	
i23	rol3	proyect08		30		
i23	rol3	proyect10	20		10	
i23	rol3	proyect12		20		
i23	rol3	proyect13				10
i23	rol3	proyect14				10
i23	rol3	proyect15			10	10
i23	rol3	proyect17	10	10	10	10
i23	rol3	proyect18	10			10
i23	rol3	proyect19				30
i24	rol3	proyect04			20	
i24	rol3	proyect05				10
i24	rol3	proyect06		40	10	10
i24	rol3	proyect07	30			20
i24	rol3	proyect08	30			30

i24	rol3	proyect09		20	20	
i24	rol3	proyect11	30			
i24	rol3	proyect12				20
i24	rol3	proyect13		20		
i24	rol3	proyect15	10			
i24	rol3	proyect16		20		
i24	rol3	proyect19			30	
i25	rol3	proyect01			20	
i25	rol3	proyect03		50		
i25	rol3	proyect08			30	
i25	rol3	proyect10		20		10
i25	rol3	proyect11				30
i25	rol3	proyect12	20		20	
i25	rol3	proyect13	20		10	
i25	rol3	proyect14		10		
i25	rol3	proyect15		10		
i25	rol3	proyect16	20		20	20
i25	rol3	proyect19	30			
i25	rol3	proyect20	10	10		20
i26	rol3	proyect02			25	25
i26	rol3	proyect03				20
i26	rol3	proyect04	50			10
i26	rol3	proyect05	40	30		
i26	rol3	proyect09				20
i26	rol3	proyect11		30	30	
i26	rol3	proyect14	10		10	
i26	rol3	proyect18		10	10	
i26	rol3	proyect19		30		
i26	rol3	proyect20			20	
i27	rol3	proyect02	30	30		
i27	rol3	proyect07		30		
i27	rol3	proyect09	50			
i27	rol4	proyect02		10	10	
i27	rol4	proyect03			10	10
i27	rol4	proyect04			10	10
i27	rol4	proyect07			10	10
i27	rol4	proyect08			10	10
i27	rol4	proyect14			10	10
i27	rol4	proyect16				10
i27	rol4	proyect17		10	10	10
i27	rol4	proyect18			10	10
i28	rol4	proyect01		100	30	
i28	rol4	proyect04	20			

i28	rol4	proyect05			30	
i28	rol4	proyect07	30			
i28	rol4	proyect12			20	
i28	rol4	proyect16	10		10	
i29	rol4	proyect01				30
i29	rol4	proyect06		20		20
i29	rol4	proyect09		20	20	
i29	rol4	proyect10			10	
i29	rol4	proyect11	50			50
i29	rol4	proyect12		20		
i29	rol4	proyect13	30		30	
i29	rol4	proyect18		10		
i29	rol4	proyect19		20		
i30	rol4	proyect03		10		
i30	rol4	proyect06	20			
i30	rol4	proyect07		20		
i30	rol4	proyect11			50	
i30	rol4	proyect19	20			20
i30	rol4	proyect20	20			30
i31	rol4	proyect03	10			
i31	rol4	proyect05	80			20
i31	rol4	proyect09				20
i31	rol4	proyect10		20		
i31	rol4	proyect12				20
i31	rol4	proyect13				30
i31	rol4	proyect16		10		
i31	rol4	proyect18	10			
i31	rol4	proyect19			20	
i32	rol4	proyect02	10			
i32	rol4	proyect05		50		
i32	rol4	proyect10				10
i32	rol4	proyect14		10		
i32	rol4	proyect15		20		20
i32	rol4	proyect17	10			
i32	rol4	proyect20			30	
i33	rol4	proyect01	60			
i33	rol4	proyect08	10			
i33	rol4	proyect11		50		
i33	rol4	proyect12	20			
i33	rol4	proyect15			20	
i33	rol4	proyect20		30		
i34	rol4	proyect02				10
i34	rol4	proyect04		20		

i34	rol4	proyect06			20	
i34	rol4	proyect08		10		
i34	rol4	proyect09	20			
i34	rol4	proyect10	20			
i34	rol4	proyect13		30		
i34	rol4	proyect14	10			
i34	rol4	proyect15	20			
i35	rol21	proyect06			20	
i35	rol21	proyect09		60		
i35	rol21	proyect14				80
i35	rol21	proyect18			60	
i35	rol21	proyect19	30			
i35	rol22	proyect08	30			
i35	rol22	proyect10		20		
i36	rol21	proyect02		70		
i36	rol21	proyect04	80			
i36	rol21	proyect06				20
i36	rol21	proyect12				40
i36	rol22	proyect18			80	
i37	rol21	proyect03				50
i37	rol21	proyect08	20			
i37	rol22	proyect03	50			
i37	rol22	proyect06				30
i37	rol22	proyect11		50		
i37	rol22	proyect12			50	
i37	rol22	proyect17			20	
i38	rol21	proyect14		80	80	
i38	rol22	proyect05	50			
i38	rol22	proyect09	30			
i38	rol22	proyect18				80
i39	rol21	proyect02			80	
i39	rol21	proyect03	70			
i39	rol21	proyect08		20		
i39	rol21	proyect16				60
i39	rol22	proyect03		50		
i40	rol1	proyect03	80		20	20
i40	rol1	proyect10				10
i40	rol1	proyect11			20	
i40	rol1	proyect13			20	
i40	rol1	proyect14		10	20	
i40	rol1	proyect18		40		
i41	rol21	proyect01		100		
i41	rol21	proyect15				100

i41	rol21	proyect20	80			
i41	rol22	proyect01			80	
i42	rol21	proyect03		70		
i42	rol21	proyect07			80	
i42	rol21	proyect14	80			
i42	rol21	proyect20				80
i43	rol21	proyect09	70			
i43	rol21	proyect20		80		
i43	rol22	proyect01				80
i43	rol22	proyect15			80	
i44	rol1	proyect06				40
i44	rol1	proyect10			50	
i44	rol1	proyect18	40			
i44	rol1	proyect19		40		
i45	rol1	proyect08	100	100		
i45	rol3	proyect03	50			

13.28 Anexo AB

Tabla 29: Planilla de asignación de consultores del modelo 2 para BD3

Consultor	rol	proyecto	s1	s2	s3	s4
i01	rol21	proyect15			100	
i01	rol21	proyect17		50		
i01	rol22	proyect15	50	50		80
i02	rol21	proyect16	80	80	60	
i02	rol22	proyect16				50
i03	rol21	proyect18		20		
i03	rol21	proyect19			100	100
i03	rol22	proyect16	50			
i03	rol22	proyect18		60		
i03	rol22	proyect19	50			
i04	rol21	proyect11	20	20		
i04	rol21	proyect18	20		60	60
i04	rol21	proyect20		80		
i04	rol22	proyect11	50		40	40
i05	rol21	proyect15	100	100		
i05	rol21	proyect17			100	
i05	rol22	proyect20				80
i06	rol21	proyect11			20	20
i06	rol21	proyect16				60
i06	rol21	proyect20			80	
i06	rol22	proyect04	100			
i06	rol22	proyect11		50		
i06	rol22	proyect16		50		
i07	rol21	proyect06			20	
i07	rol21	proyect07				80
i07	rol21	proyect14			80	
i07	rol22	proyect06	50			
i07	rol22	proyect07	50			
i07	rol22	proyect14		100		
i08	rol21	proyect04	80		20	20
i08	rol22	proyect04		80	60	40
i09	rol21	proyect12	40	40	40	40
i09	rol22	proyect12	50	40	50	60
i10	rol21	proyect04		70		
i10	rol22	proyect01	40			
i10	rol22	proyect18	60		80	80
i11	rol21	proyect02			80	
i11	rol21	proyect14	80			80
i11	rol22	proyect06		50		

i11	rol22	proyect08				20
i11	rol22	proyect19		50		
i12	rol21	proyect01		100		
i12	rol21	proyect17				100
i12	rol22	proyect01			80	
i12	rol22	proyect14	100			
i13	rol21	proyect09	70		40	
i13	rol21	proyect14		80		
i13	rol22	proyect09	30		50	30
i13	rol22	proyect14				50
i14	rol21	proyect02	70			
i14	rol21	proyect10				50
i14	rol22	proyect02	30	30	50	50
i14	rol22	proyect09		50		
i14	rol22	proyect10		20	40	
i15	rol21	proyect08	20	20	40	
i15	rol21	proyect13			30	30
i15	rol21	proyect17	50			
i15	rol22	proyect06			30	
i15	rol22	proyect13		60		40
i15	rol22	proyect17	20	20		20
i16	rol21	proyect02		70		80
i16	rol21	proyect06				20
i16	rol21	proyect13	30	30		
i16	rol22	proyect13	60		40	
i16	rol22	proyect14			50	
i17	rol21	proyect05		50	50	
i17	rol21	proyect20	80			80
i17	rol22	proyect16			50	
i17	rol22	proyect20		50		
i18	rol21	proyect01	80		80	
i18	rol22	proyect01		100		80
i19	rol1	proyect10	80	50	50	10
i19	rol1	proyect11		50	20	20
i19	rol1	proyect20	20			
i20	rol1	proyect11	10			
i20	rol1	proyect12	10	10	10	10
i20	rol1	proyect14	20		20	50
i20	rol1	proyect18	40	40	40	40
i21	rol1	proyect06	50	50	40	40
i21	rol1	proyect13	20	20	20	20
i21	rol1	proyect14		10		
i21	rol1	proyect16	10	10	10	10

i22	rol1	proyect04	20	20	50	80
i22	rol1	proyect19	50	40	40	20
i22	rol1	proyect20		20		
i23	rol3	proyect03		50		20
i23	rol3	proyect05				10
i23	rol3	proyect07	30	30	20	20
i23	rol3	proyect08			30	
i23	rol3	proyect11	30		30	
i23	rol3	proyect17		10		
i23	rol3	proyect19	30			30
i23	rol3	proyect20	10	10	20	20
i24	rol3	proyect02		30		25
i24	rol3	proyect06			10	10
i24	rol3	proyect08	30	30		30
i24	rol3	proyect09	50		20	20
i24	rol3	proyect14	10		10	
i24	rol3	proyect15	10	10	10	10
i24	rol3	proyect19		30	30	
i25	rol3	proyect02	30			
i25	rol3	proyect03			20	
i25	rol3	proyect09		20		
i25	rol3	proyect10	20	20	10	10
i25	rol3	proyect12	20	20	20	20
i25	rol3	proyect13		20	10	10
i25	rol3	proyect16	20	20	20	20
i25	rol3	proyect17	10		10	10
i26	rol3	proyect02			25	
i26	rol3	proyect04	50	30	20	10
i26	rol3	proyect06	40	40		
i26	rol3	proyect18	10	10	10	10
i27	rol3	proyect01	20	10	20	10
i27	rol3	proyect05	40	30	20	
i27	rol3	proyect11		30		30
i27	rol3	proyect13	20			
i27	rol3	proyect14		10		10
i27	rol4	proyect05			30	20
i28	rol4	proyect02	10	10	10	10
i28	rol4	proyect08	10	10	10	10
i28	rol4	proyect13	30	30	30	30
i28	rol4	proyect19	20	20	20	20
i29	rol4	proyect04	20	20		
i29	rol4	proyect06	20	20	20	20
i29	rol4	proyect11	50	50	50	50

i29	rol4	proyect17				10
i29	rol4	proyect18	10	10	10	10
i30	rol4	proyect04			10	10
i30	rol4	proyect05	80	50		
i30	rol4	proyect12	20	20	20	20
i30	rol4	proyect14		10	10	10
i30	rol4	proyect16			10	10
i31	rol4	proyect01	60	100	30	30
i32	rol4	proyect15	20	20	20	20
i32	rol4	proyect16	10	10		
i32	rol4	proyect17	10	10	10	
i32	rol4	proyect20	20	30	30	30
i33	rol4	proyect07	30	20	10	10
i33	rol4	proyect09	20	20	20	20
i33	rol4	proyect10	20	20	10	10
i33	rol4	proyect14	10			
i34	rol4	proyect03	10	10	10	10
i35	rol21	proyect10			70	
i35	rol22	proyect07		60		40
i35	rol22	proyect10	20			40
i35	rol22	proyect20	50			
i36	rol21	proyect09				30
i36	rol21	proyect19	30	30		
i36	rol22	proyect03	50	50		
i36	rol22	proyect07			60	
i36	rol22	proyect17			20	
i36	rol22	proyect19				50
i37	rol21	proyect01				80
i37	rol21	proyect07	80	80	80	
i38	rol21	proyect03	70	70		50
i38	rol22	proyect03			30	30
i38	rol22	proyect19			50	
i39	rol21	proyect05	50			
i39	rol21	proyect08				20
i39	rol22	proyect05		50	50	50
i39	rol22	proyect08	30	30	20	
i40	rol1	proyect03	80	80	20	20
i40	rol1	proyect08			50	20
i41	rol21	proyect03			100	
i41	rol21	proyect10	90	80		
i41	rol21	proyect15				100
i42	rol21	proyect05				50
i42	rol21	proyect09		60		

i42	rol22	proyect05	50			
i42	rol22	proyect15			80	
i43	rol21	proyect06	60	60		
i43	rol22	proyect06				30
i43	rol22	proyect20			80	
i44	rol1	proyect05			50	80
i44	rol1	proyect08	100	100		
i45	rol1	proyect02	90	90		
i45	rol3	proyect03	50			