



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

“MEJORAMIENTO MEDIANTE SIMULACIÓN DEL PROCESO DE REPARACIÓN  
DE FALLAS BAJO CONTRATO EN UNA EMPRESA CHILENA”

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION DE OPERACIONES

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CAMILA BAEZA ROGERS

PROFESOR GUIA:  
DANIEL ESPINOZA GONZALEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
CRISTIAN CORTES CARRILLO  
FRANCISCO TUBINO CORTES  
SERGIO DUSSAILLANT CHRISTIE

SANTIAGO DE CHILE  
ENERO 2010

---

## Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, que siempre me han ayudado, especialmente en mi primer año de universidad, me apoyaron sin presiones, con mucho amor y confianza.

Gracias por su apoyo y sabiduría.

---

## Agradecimientos

Agradezco a Francisco por soportar las tensiones, mostrarme las salidas y ayudarme siempre. Por supuesto también a mi familia por el apoyo constante.

Agradezco a la empresa por darme la oportunidad, en especial a Sergio quien lideró el proyecto y a Mauricio Sepúlveda por la buena disposición incluso a la hora de generar datos.

Agradezco también a mi profesor guía, por todo su apoyo en el trabajo.

---

# Índice general

<i>Capítulo 1</i>	<i>1</i>
<i>Introducción</i>	<i>1</i>
1.1. Antecedentes	1
1.2. Descripción del Problema.	2
1.3. Metodología Utilizada	3
<i>Capítulo 2</i>	<i>5</i>
<i>Modelo de Simulación</i>	<i>5</i>
2.1. Modelo de Operación Detallado	5
2.2. Recopilación de la información y definición del modelo	10
2.3. Validación de supuestos	31
2.4. Construcción del modelo	31
2.5. Realización de las corridas de prueba	40
2.6. Diseño de experimentos	46
2.7. Realización de las corridas definitivas	46
2.8. Análisis de las salidas	48
<i>Capítulo 3</i>	<i>68</i>
<i>Conclusiones</i>	<i>68</i>
3.1. Conclusiones generales	68
3.2. Otras conclusiones	70
<i>Capítulo 4</i>	<i>73</i>
<i>Recomendaciones</i>	<i>73</i>
4.1. Procesos y Registro de la Información	73
4.2. Medición de Métricas de Calidad	75
4.3. Registro de Datos	79
4.4. Mejoras a la Operación	82

---

4.5.	Recomendaciones al Negocio	83
	<i>Bibliografía</i>	<i>89</i>
	<i>Anexos</i>	<i>90</i>
6.1.	Anexo 1: Cálculo de la media de la distribución de Poisson no Homogénea.	90

---

## Índice de figuras

Ilustración 1: Esquema de Operación Simple	7
Ilustración 2: Demanda para una semana promedio	9
Ilustración 3: Distribución de Demanda Mensual año 2006	9
Ilustración 4: Distribución bruta de Demanda	12
Ilustración 5: Distribución de Demanda con Intervalos de 45 minutos	12
Ilustración 6: Distribución de Demanda con Intervalos de 40 minutos	13
Ilustración 7: Proporción de SLA en las OS	15
Ilustración 8: Proporción de SLA a Utilizar	15
Ilustración 9: Distribución acumulada de Tiempos de Viaje	16
Ilustración 10: Distribución acumulada de Tiempos de Viaje por horario del día	17
Ilustración 11: Distribución acumulada de los tiempos de viaje según medio de transporte	17
Ilustración 12: Distribución Acumulada de Tiempos de Diagnóstico	21
Ilustración 13: Distribución Acumulada de Tiempos de Solución	22
Ilustración 14: Distribución Acumulada del Tiempo muerto al inicio	24
Ilustración 15: Diseño Lógico del Modelo de Simulación	30
Ilustración 16: Representación de un Generador en el modelo.	32
Ilustración 17: Representación de un Generador con la Demanda triplicada.	33
Ilustración 18: Representación de Probabilidades Acumuladas en el Modelo.	36
Ilustración 19: Ejemplos de Seteo de parámetros en el modelo	39
Ilustración 20: Modelo Para Validación de la Generación de Demanda	41
Ilustración 21: Salida de la Distribución de Demanda	41
Ilustración 22: Relación de Costos vs Tiempo de Viaje	42
Ilustración 23: Salida de la Distribución de Tiempos de Viaje	43
Ilustración 24: Calce de la Distribución de los Tiempos de Viaje	44
Ilustración 25: Cumplimiento y costo promedio por OS cr a Nivel de Inventario	48
Ilustración 26: Cumplimiento y costo promedio por OS con SLA de 4 hrs cr a Nivel de Inventario	49
Ilustración 27: Visitas por OS cr a Nivel de Inventario	50
Ilustración 28: Cumplimiento y costo promedio por OS cr a Disponibilidad de Técnicos	51

---

Ilustración 29: Cumplimiento y costo promedio por OS con SLA 4 hrs cr a Disponibilidad de Técnicos	51
Ilustración 30: Tasa de Visita por OS cr a Disponibilidad de Técnicos	52
Ilustración 31: Cumplimiento y costo promedio ante cambios en la Distribución de los Retraso al Inicio en el máximo de la distribución triangular.	53
Ilustración 32: Cumplimiento y costo promedio ante cambios en la Distribución de los Retraso al Inicio en el más probable de la distribución triangular.	54
Ilustración 33: Tasa de Visitas por OS cr a la Distribución de los Retraso al Inicio	55
Ilustración 34: Cumplimiento y costo promedio cr a la Distribución de los Retrasos en Gestión de Bodega	56
Ilustración 35: Cumplimiento y costo promedio cr a la Distribución de los Retrasos en Gestión de Bodega para Os de SLA 4 hrs	56
Ilustración 36: Tasa de Visitas por OS cr a la Distribución de los Retraso en Gestión de Bodega	57
Ilustración 37: Utilización de Técnicos en turno tipo 1 vs Intervalo del día	58
Ilustración 38: Utilización de Técnicos en turno tipo 2 vs Intervalo del día	59
Ilustración 39: Efecto del cambio en la Cartera sobre Cumplimiento del SLA	60
Ilustración 40: Ilustración 30: Efecto del cambio en la Cartera sobre las Visitas por OS	61
Ilustración 41: Efecto sobre cumplimiento y costo promedio para Os con SLA de 4 hrs de Disminuciones en Tiempos de Viaje, Solución y Diagnóstico	61
Ilustración 42: Efecto sobre cumplimiento y costo promedio para Os de Disminuciones en Tiempos de Viaje, Solución y Diagnóstico	62
Ilustración 43: Distribución de la Demanda Ponderada	63
Ilustración 44: Nivel de Cumplimiento del SLA vs Cantidad de Técnicos	64
Ilustración 45: N° de Técnicos para Mantener 95% de Cumplimiento del SLA	65
Ilustración 46: Comparación de Resultados del Escenario Base contra la Diferenciación de Demandas	66
Ilustración 47: Comparación de Resultados del Escenario Mejorador contra la Diferenciación de Demandas	67
Ilustración 48: Estructura Organizacional Propuesta.	85

---

## Índice de cuadros

Tabla 1: Frecuencia de datos 2007	11
Tabla 2: Resumen de Costos de Transporte [Pesos]	19
Tabla 3: Prioridad del Medio de transporte para fallas sin repuesto.	19
Tabla 4: Prioridad del Medio de transporte para fallas con repuesto.	19
Tabla 5: Distribución Acumulada de Tiempos de Diagnóstico	22
Tabla 6: Distribución Acumulada de Tiempos de Solución	23
Tabla 7: Costo promedio por tipo de Equipamiento	28
Tabla 8: Resumen de Costos por tipo de equipamiento	28
Tabla 9: Conversión de Intervalos a Media para Función de Poisson	32
Tabla 10: Costos por medio de Transporte	35
Tabla 11: Prioridad del medio de transporte para fallas sin repuesto	35
Tabla 12: Prioridad del medio de transporte para fallas con repuesto	35
Tabla 13: Probabilidad de Tiempo de Viaje del Modelo	43
Tabla 14: Salida de Tasa de Visitas por OS	45
Tabla 15: Salida de Promedio de Cumplimiento del SLA	45
Tabla 16: Salida de Asignaciones Dinámicas en Solución.	46
Tabla 17: Cantidad de Técnicos Disponibles	47
Tabla 18: Cantidad de OS generadas por intervalo del día para cada semana del año	90
Tabla 19: Media no homogénea por Intervalo	93



---

# Resumen

Este trabajo fue desarrollado para mejorar el servicio de *soporte en terreno* de una de las empresas líderes de Chile en soluciones informáticas. El servicio consiste en atender, en oficinas de clientes, las fallas de los equipos bajo contrato. Cuando un cliente tiene un problema llama a una mesa de ayuda, cuyo operador intenta resolver la falla en línea; cuando no la resuelve, genera una orden de trabajo para que un técnico de la empresa visite al usuario y resuelva la falla. La empresa tiene doscientos contratos con más de 85.000 equipos en todo Chile; el ingreso por estos contratos representa un tercio de la facturación de servicios de la empresa.

Este servicio está sujeto a algunas condiciones. En la mayoría de los casos no pueden transcurrir más de cuatro horas hasta que el cliente tenga operativo su sistema. Por otro lado, existen variables que influyen en el desempeño del proceso; por ejemplo, el nivel de inventario de repuestos y respaldos, la disponibilidad de los medios de transporte, los tiempos de viaje, los tiempos de diagnóstico y solución de la falla y la cantidad de técnicos disponibles.

En la actualidad la empresa no dispone de indicadores de gestión que le permitan tomar decisiones, lo cual les impide dirigir los esfuerzos en proyectos que aseguren una mejora de la rentabilidad.

Para abordar la problemática de la empresa se decidió plantear los siguientes objetivos; (1) determinar si la unidad de *soporte en terreno* funciona de manera eficiente, (2) determinar si el servicio de *soporte en terreno* muestra ahorros crecientes según la escala. Y (3) establecer cuáles son las variables endógenas del sistema que al ser mejoradas generan mayor impacto en los resultados o medidas de calidad. Se eligió la metodología de simulación como herramienta para el cumplimiento de los objetivos principalmente por la complejidad del sistema y la necesidad de “revisar” la operación mientras ocurre.

El modelo de simulación desarrollado logró un 98% de confianza en las mediciones generadas de las medidas de calidad en el escenario real.

Con respecto a los objetivos del trabajo se pudo concluir que el servicio no es eficiente, demostrando la existencia de tiempos muertos durante la entrega del servicio que condicionan la operación a los indicadores actuales, sin dar espacio a la mejora. Por otro lado las economías de escala no se explotan en este servicio, y ante aumentos de demanda, la cantidad de técnicos necesarios para cumplir en un 95% el nivel de servicio es lineal y su pendiente es menor a uno. Con respecto a las variables de mayor impacto, se demostró que reduciendo la variabilidad de los tiempos muertos es posible revertir la situación de ineficiencia del proceso, mejorando el nivel de servicio en dos y medio puntos porcentuales.

En términos generales la simulación nos permitió resolver el problema de la empresa y dar una visión fundamentada de dónde se deben invertir los esfuerzos para mejorar la rentabilidad del negocio.

Desde la perspectiva de la empresa el valor fundamental de este trabajo se centró en la identificación de ineficiencias estructurales de la unidad de soporte, que condicionan la rentabilidad del servicio y en las recomendaciones desarrolladas para eliminar estas ineficiencias.

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

El siguiente trabajo describe las acciones realizadas en la simulación de un proceso de negocios de una de las empresas líderes en Chile en soluciones tecnológicas. La empresa basa su oferta en 3 productos; la venta de equipamiento de HW y SW, la venta de proyectos de integración tecnológica y la oferta de Outsourcing de plataformas de TI, siendo el último el más fuerte de su oferta.

A su vez la oferta de Outsourcing se divide en dos unidades de negocios, las plataformas de usuario y las de misión crítica. El servicio a las plataformas de usuario es aquel entregado al equipamiento que es utilizado por usuarios en su día a día, como son los PC, notebook, impresoras, escáner, etc. Mientras que los servicios asociados a misión crítica son aquellos provistos a equipamiento como servidores, switches, racks, etc.

Este trabajo estudia el servicio de Soporte en Terreno de plataformas de usuario, el que consiste en reparar fallas en oficinas de clientes mediante técnicos capacitados. Para proveer este servicio se utilizan 5 elementos esenciales: (1) una mesa de ayuda que recibe los requerimientos, (2) técnicos de terreno que son quienes proveen el servicio directamente a los clientes, (3) una estructura de supervisores que monitorean las atenciones y el cumplimiento de los servicios, (4) una bodega que almacena y gestiona repuestos y respaldos y (5) coordinadores logísticos que gestionan el transporte solicitado.

Cuando un cliente llama reportando una falla, la empresa tiene la obligación de resolver la falla por contrato, con la ayuda de un equipo de respaldo o entregando una solución definitiva, en un máximo número de horas y dentro de un determinado rango horario en el día (cobertura),

lo que se conoce como Service Level Agreement (SLA) y depende de parámetros como el nivel de inventario de repuestos y respaldos, tiempos de viaje, calidad y tiempos de diagnóstico, tiempos de solución de la atención, cantidad de equipos con garantía y tipos de falla, entre otros, además de variables como la cantidad de técnicos en terreno y la disponibilidad de transporte para hacer los viajes.

La empresa hoy posee alrededor de 200 contratos por este servicio en los cuales soporta más de 85,000 equipos de distintas marcas y a lo largo de todo Chile. Estos contratos generan 2,500 llamados al mes, para lo cual se cuenta con 28 técnicos y 6 supervisores operacionales para atender Santiago. Toda la estructura de costos de este servicio cuesta alrededor de \$3,000 MM anuales, lo cual representa el 70% de los costos de operación de los servicios de Outsourcing de plataformas de usuario.

## **1.2. Descripción del Problema.**

Si bien la significancia de esta operación en el resultado global de la empresa es importante, hoy la unidad de soporte en terreno no cuenta con indicadores de gestión confiables. Existe un nivel alto de ceguera a la hora de negociar renovaciones de contratos, ya que no cuentan con la información de rentabilidad por cliente que les permita fundamentar un cambio en las condiciones de SLA o de cobertura. Adicionalmente esta situación se ve agravada con el reciente cambio del sistema de información que usa la empresa. Durante su existencia, la empresa ha usado diferentes sistemas de información, el último fue uno desarrollado internamente que atendía todas las necesidades de las distintas unidades. En marzo del 2007 la empresa cambió el sistema de información a SAP R3, lo cual los ha obligado a ajustarse a nuevas prácticas y les ha impedido manejar variables básicas de servicio y rentabilidad por cliente que antes sí podían manejar.

La situación además se ve agravada dado que no se conocen las variables que generan impacto en el rendimiento del servicio, lo que los hace estar ciegos y sin claridad respecto a dónde se debe invertir para que el servicio tenga rentabilidades más altas.

En tanto, la dirección de la empresa se pregunta ¿porqué cada vez que se gana un contrato nuevo, que promete una demanda de “x” llamados al mes, debe necesariamente contratarse más personal?, ¿cuál es la relación con la que se hace?. La intuición les dice que este es un negocio que podría aprovechar las economías decrecientes de escala, así cada técnico puede ser cada vez más productivo atendiendo más órdenes al día.

Si analizamos cuales son las fuentes por las cuales podrían presentarse economías decrecientes de escala en el servicio, podríamos considerar las siguientes:

1. Por medio de infraestructura, asumiendo que con la misma infraestructura pueden trabajar más personas. Claramente esto tiene un máximo y por la simplicidad del análisis no tiene sentido que sea evaluado aquí.
2. Por medio de especialización, asumiendo que existen técnicos con diferentes habilidades, si existe uno que posea ambas habilidades, se podría reemplazar dos técnicos por uno. Para hacer esta evaluación debemos contar con la demanda diferenciada de acuerdo a las habilidades que debe tener un técnico para satisfacerla.
3. Por medio de ahorro en los tiempos viaje, los técnicos pasan el 30% de su día viajando para movilizarse de un lugar a otro, cada técnico podría atender un X% más de órdenes si es que se reducen los tiempos de viaje en la misma proporción.
4. Incrementar la solución en línea por parte de la mesa de ayuda reduciendo las atenciones en terreno lo cual absorbería más demanda con menos recursos.

Por lo anterior se considera necesario estudiar el servicio en todos sus aspectos, determinando aquellas variables claves que impiden mejorar el rendimiento de la operación y aquellas que generan mayor impacto.

## 1. OBJETIVOS

- (1) Determinar si la unidad de soporte en terreno funciona de manera eficiente,
- (2) Determinar si el servicio de soporte en terreno muestra ahorros crecientes según la escala.
- (3) Establecer cuáles son las variables endógenas del sistema que al ser mejoradas generan mayor impacto en los resultados o medidas de calidad.

Una vez logrados estos objetivos de manera precisa estaremos en condiciones de recomendar a la empresa mecanismos para mejorar la gestión.

## **1.3. Metodología Utilizada**

Para cumplir los objetivos propuestos anteriormente podrían utilizarse dos metodologías conocidas: (1) Un modelo de optimización matemática, o (2) Un modelo realizado mediante la metodología de simulación

Si las relaciones que componen el modelo son suficientemente simples, es posible que modelos matemáticos permitan encontrar las respuestas exactas a las preguntas planteadas. Sin embargo la mayoría de los sistemas reales son muy complejos y no es posible analizarlos de esa manera,

En nuestro caso el modelo a resolver posee múltiples funciones objetivos: (1) Reducir costos, (2) Aumentar satisfacción de clientes por medio de cumplir el nivel de servicio el 95% de las veces y (3) Reducir la ineficiencia, disminuyendo la cantidad de visitas en terreno por orden de servicio. Además posee parámetros estocásticos de distribuciones conocidas y la relación entre las variables es desconocida. Por otro lado si queremos entender el estado de las Ordenes de trabajo durante su atención, concluimos que estamos frente a un modelo complejo por lo que debería utilizarse la metodología de simulación. Ver Averill M. Law [1] y ver J. Swisher, P. Hyden, S. Jacobson y L. Schruben [6].

La simulación es una técnica que busca por medio de un computador imitar, o simular los efectos de muchos procesos de la vida real. El conjunto de procesos se conoce como un sistema. Para estudiar un sistema en general se elaboran distintas restricciones y relaciones que permiten que las variables se comporten como lo esperado, estas relaciones las conocemos como “modelo”.

La literatura revisada también hace recomendaciones muy explícitas sobre la simulación como método para mejorar continuamente los procesos de negocios. Ver M. Adams, P. Camponation, H. Czarnecki y B. Schoroer [4] explicando además que los modelos matemáticos suelen ser herméticos y no permiten revisar la operación en curso.

Tomando en consideración los trabajos en distintas aplicaciones donde se ha logrado determinar la incidencia de parámetros críticos en las medidas de calidad gracias a la metodología de simulación. Ver B. Norris [8] así como las posibles mejoras en el análisis de la productividad y la rentabilidad para procesos de negocios de la industria de servicios. Ver N. Gupta y E. Williams [3]. Y basándonos en la experiencia de Venkat y W. Wakeland [5] donde se tienen variables similares a este caso, adicionando el hecho de que en este servicio las demandas son generadas por distribuciones de probabilidad, se puede considerar que la metodología de simulación nos entregará los resultados necesarios y que contamos con la información suficiente para llevar a cabo la investigación

## Capítulo 2

# Modelo de Simulación

Los resultados de la investigación serán descritos según las distintas etapas de la metodología recomendada por Averill M. Law [1].

### 2.1. Modelo de Operación Detallado

El proceso por el cual se atienden los requerimientos es el siguiente:

- \* El cliente llama a un número único reportando una falla.
- \* Las llamadas son atendidas por personal de la mesa de ayuda (MAU) quienes tratarán de resolver el problema del cliente en línea.
- \* Si no les es posible resolver el problema por vía telefónica, realizan un diagnóstico para que quien siga la atención sea capaz de solucionar el problema,
- \* Una vez hecho el diagnóstico se generará una Orden de servicio para que la unidad de soporte en terreno resuelva la falla del cliente. Típicamente el 20% de las llamadas se resuelve en forma telefónica.
- \* La llamada es asignada a alguno de los 6 supervisores operacionales, según cliente o zona, quien será el responsable de dar solución al cliente en un tiempo máximo establecido bajo contrato.
- \* Una vez en manos del supervisor, este asigna un técnico, transporte y repuestos o respaldos<sup>1</sup>, según se necesite.
- \* El técnico asignado se dirige donde el cliente y repara la falla.
- \* En el caso de que la atención sea muy urgente (lo cual queda determinado por la cantidad de tiempo que le queda por vencer) el supervisor podría asignar a un técnico que haya sido anteriormente asignado a otra atención y vaya viajando. A este hecho se le llama

---

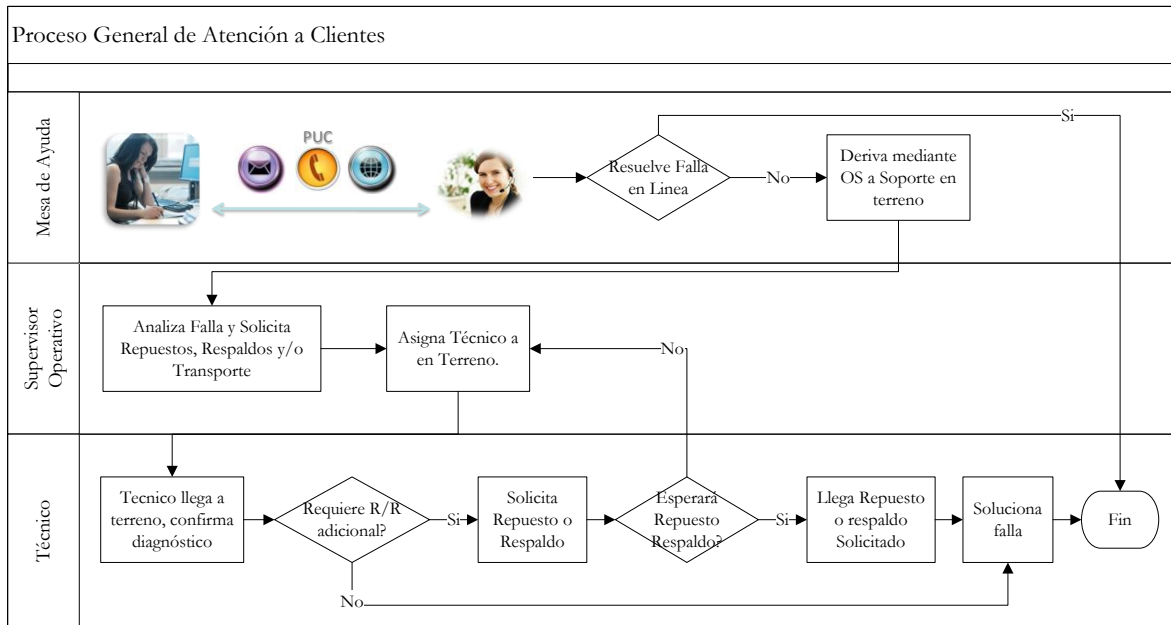
<sup>1</sup> Respaldos son aquellos equipos, de propiedad de la empresa que se utilizan para reemplazar los equipos con falla de los clientes que deben ser reparados en la central, para dar continuidad operativa.

---

- “asignación dinámica” y consiste en que se desvía a un técnico de su ruta original y se le asigna a una nueva atención, quedando la anterior disponible, o “en cola”.
- \* Si la falla es de tipo 1, es decir corresponde a la falla de un notebook, impresora láser o software, el técnico llama a una mesa de escalamiento que lo ayuda en el diagnóstico y recoge la experiencia en terreno. El objetivo de esta operación es disminuir los tiempos promedios de diagnósticos, y también su varianza. Si la falla corresponde a equipamiento de otras características, se entiende como de tipo 2, en cuyo caso la atención no pasa por la mesa de escalamiento.
  - \* Si la falla requiere de repuesto o respaldo, el técnico lo solicita a su supervisor, quien a su vez lo solicita a la bodega. En base a los tiempos de espera y de solución el supervisor podrá definir si el técnico espera el repuesto o respaldo en terreno o acude a otra atención.
  - \* Al final de la atención el técnico puede retornar a la central o ser re-asignado desde terreno.
  - \* Si el técnico es asignado desde terreno y requiere algún equipo para solucionar su próxima atención, este equipo se le envía por medio de algún móvil.
  - \* En caso de que existan respaldos en la última atención, los equipos del cliente son llevados a un laboratorio para su reparación y luego devueltos al cliente
  - \* Para cualquier caso donde el origen de la falla es una pieza defectuosa, se verifica si es que el equipo que falló tiene garantía, en cuyo caso se tramita el cambio sin costo de la pieza defectuosa con el fabricante. Y se vuelve a coordinar una visita con el cliente para reponer el equipo que fue retirado.
  - \* El tipo de transporte a utilizar (tanto para despacho de técnicos como de repuestos y respaldos) depende de la cantidad de OS por procesar y el tiempo que queda para que su SLA se cumpla.
  - \* Si hay pocas OS pendientes, y el SLA restante para la siguiente OS es alto, se envía al técnico en un medio de transporte más lento (y más barato).
  - \* Si por el contrario, hay muchas OS pendientes y/o queda poco tiempo para que la OS asignada al técnico termine su SLA, se le envía por un medio de transporte más rápido (y por ende más caro).
  - \* Los tipos de transporte disponibles son las camionetas propias de la empresa, un conjunto de radio taxis con contrato mensual, radio taxis externos, y transporte público.

Un esquema de flujo de la operación se puede ver en la ilustración 1.

**Ilustración 1: Esquema de Operación Simple**



## 1. FORMULACIÓN DEL MODELO

Consideraremos “k” a la k-ésima orden de servicio del sistema

Los parámetros de modelo son:

1. SLA de la k-ésima OS,  $SLA_k \in \{4 \text{ hrs}, 6 \text{ hrs}, 8 \text{ hrs}\}$
2. Tipo de falla de la k-ésima OS, tipo 1 o 2.
3. Cantidad de técnicos disponibles durante el periodo de simulación
4. Distribución de Demanda.
5. Distribución del tiempo en la mesa de escalamiento o “Mesa de Ayuda Técnica” (MAT).
6. Distribución del tiempo de Viaje.
7. Distribución del tiempo de Diagnóstico.
8. Distribución del tiempo de Solución.
9. Porcentaje de OS que son resueltas en la MAU.
10. Porcentaje de OS donde el diagnóstico de la MAU es errado.
11. Nivel de Inventario.
12. Porcentaje de equipos con garantía.
13. Costo promedio de Repuesto.
14. Costo promedio de Respaldos.



15. Cantidad de transporte disponible para cada tipo.
16. Costo de viaje por tipo de transporte (4 tipos distintos).
17. Criterio de asignación dinámica.

Las variables de estado del modelo son:

1. Disponibilidad de técnicos en t.
2. Cantidad de OS en “cola” a la espera de ser atendidas.
3. Binaria, define si la k-ésima OS, requiere o no uso de repuesto.
4. Binaria, define si la k-ésima OS, requiere o no uso de respaldo.
5. Disponibilidad del cada tipo de transporte en t.
6. Binaria, define si para la k-ésima OS, hay o no asignación dinámica.
7. Binaria, define si para la k-ésima OS, el técnico espera o no el repuesto.

## 2. MEDIDAS DE CALIDAD

En discusión con las gerencias se acordó que los indicadores de calidad serían los indicadores de gestión del proceso: (1) Tasa de Visitas por Orden de Servicio, (2) Nivel de cumplimiento del SLA, y (3) Costo por orden de trabajo promedio en pesos.

La tasa de visitas por OS corresponde a la razón entre la cantidad de veces que se viaja a residencias de un cliente y la cantidad de OS que se han atendido. Esta razón que debiera ser idealmente 1 y muestra que tan efectiva es la atención.

El Nivel de Cumplimiento del SLA es la razón entre el total de OS que fueron resueltas en tiempos menores o iguales al SLA definido por contrato, y el total de OS resueltas. En la mayoría de los casos los contratos establecen que este nivel de cumplimiento debe ser del 95%.

El costo por OS promedio corresponde al costo promedio de los componentes de costo necesarios para brindar una atención como: las HH de los técnicos, los costos de transporte, costos de repuestos y respaldos.

Con estas medidas se lograría discernir cuando una salida del modelo es mejor que otra.

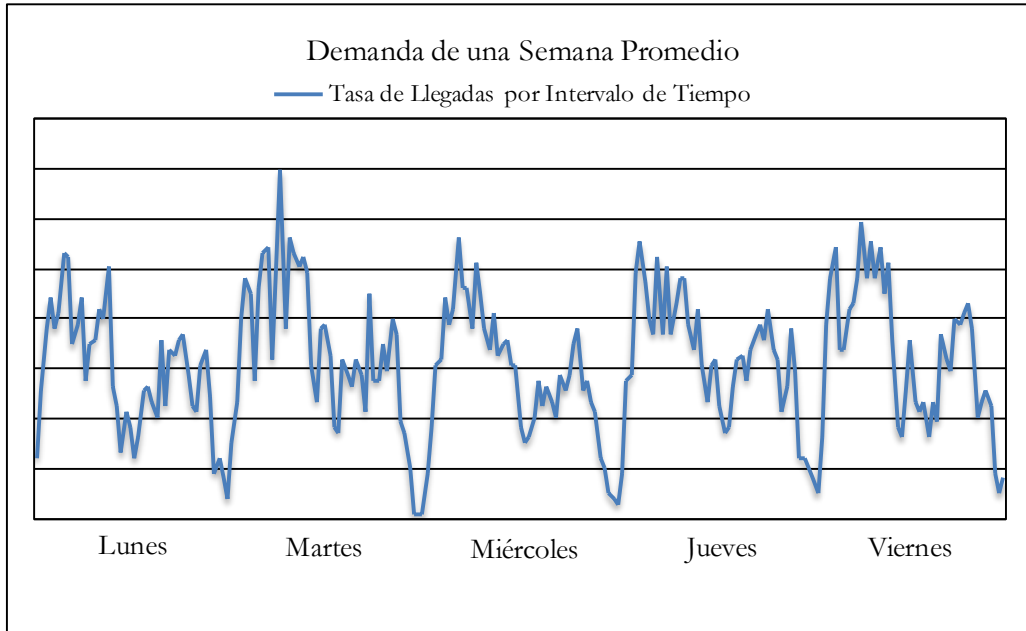
## 3. MEDIDA TEMPORAL Y DURACIÓN DEL MODELO

La discusión sobre la duración del modelo se presenta más adelante y dependerá del rendimiento del modelo y los errores observados entre las salidas de la simulación. En la operación la temporalidad es anual. Sin embargo las tendencias muestran que las relaciones relevantes a estudiar se generan durante la semana (ver ilustración 2), ya que la demanda anual

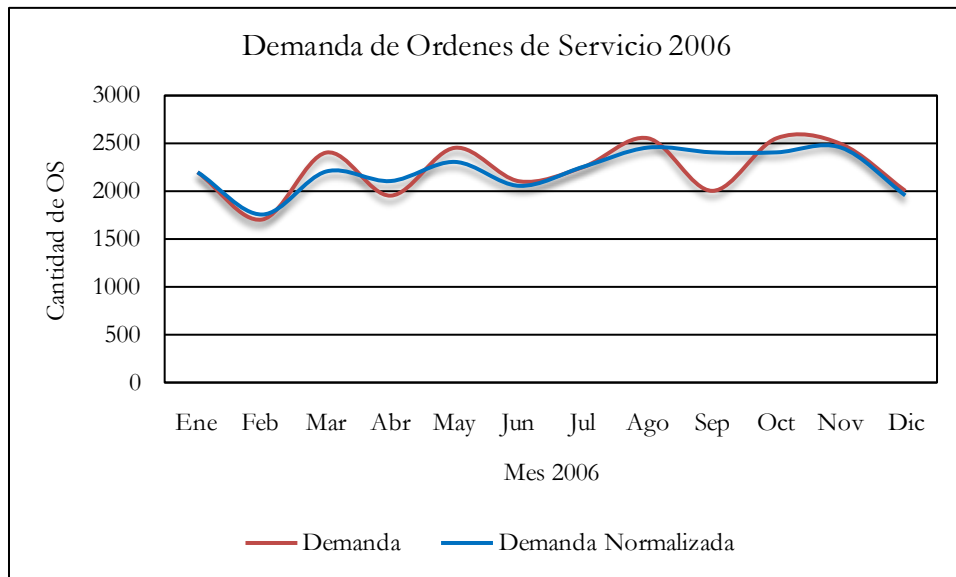
---

tiene un ciclo con variaciones muy menores (ver ilustración 3). Por lo anterior se concluye que medida temporal del modelo será de una semana. Adicionalmente en el modelo se identificó que era necesario considerar ciertas semanas para que el sistema entrara en régimen, por lo que se eliminó la data generada en las dos primeras semanas de simulación ya que eran las que tenían información defectuosa en los generadores y entidades del modelo.

**Ilustración 2: Demanda para una semana promedio**



**Ilustración 3: Distribución de Demanda Mensual año 2006**



#### 4. DEFINICIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

El modelo fue realizado en la herramienta Extend en su versión 4.0. Esta decisión se tomó para facilitar la representación gráfica de la solución y así hacerla entendible y verificable por los conocedores del negocio. Es importante recordar que en un trabajo de este tipo si no se cuenta con el convencimiento de la gerencia de que la solución es creíble el trabajo no tiene valor.

Se revisó la experiencia de otros trabajos con la herramienta y se pudo dar cuenta de que posee las condiciones para ser utilizada en este trabajo. Ver J. Current y D. Schilling [10].

## **2.2. Recopilación de la información y definición del modelo**

### 1. DATOS DE LA OPERACIÓN:

#### **i. Generación de Demanda**

---

##### Cálculo de la Distribución

Cada evento en el modelo simula un reporte de falla de un cliente.

Para determinar la distribución que se utilizará en la generación de llamadas se analizaron las frecuencias por día de cada semana en los datos del 2006 y 2007. Se encontró que las frecuencias del año 2006 son muy inferiores a las del 2007, el número de llamadas diarias por semana no alcanza las 50 órdenes, en circunstancias que es conocido que el número de órdenes diarias llegan hasta las 120 OS por día, lo que hace suponer que hay errores en los datos. Con estos antecedentes y en reunión con los Gerentes del Servicio se tomó la determinación de no considerar esta data.

La tabla 1, muestra los datos del 2007 (que será la base de nuestra simulación) que fueron analizados las llamadas de los meses de Julio, Agosto y Octubre. Más específicamente, las llegadas de llamados entre las 8:00 hrs. y las 19:20 hrs. para la semana.

Tabla 1: Frecuencia de datos 2007

Semana/Día	1	2	3	4	5	Total	Hábiles	Normalizado
27		112	122	112	124	470	4	117.50
28	111	108	127	97	94	537	5	107.40
29		105	100	91	117	413	4	103.25
30	113	126	91	151	117	598	5	119.60
31	121	141	108	123	108	601	5	120.20
32	108	104	101	134	108	555	5	111.00
33	137	92		85	133	447	4	111.75
34	128	121	123	165	105	642	5	128.40
35	124	112	84	84	123	527	5	105.40
40	95	100	89	97	113	494	5	98.80
41	112	105	94	106	93	510	5	102.00
42		114	114	84	87	399	4	99.75
43	103			86	94	283	3	94.33
44	101					101	1	101.00
Total	1253	1340	1153	1415	1416			
Hábiles	11	12	11	13	13			
Normalizado	113.91	111.67	104.82	108.85	108.92			

Se decidió modelar la generación de demanda con una distribución de Poisson no homogénea<sup>2</sup> [1] dado que la operación es un proceso estocástico, que cumple con los dos supuestos básicos y suficientes:

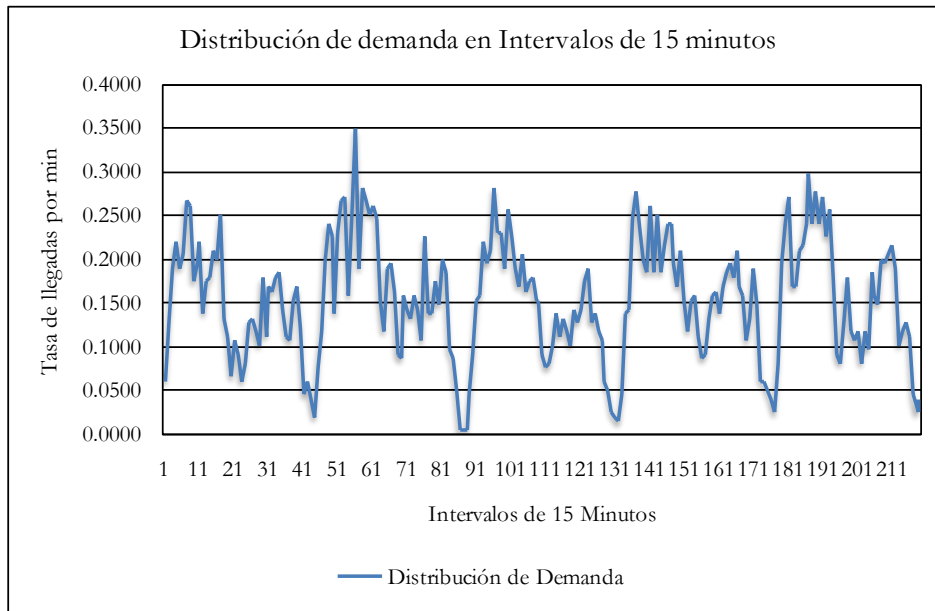
- \* Los eventos entran al sistema de a uno.
- \* La tasa de llegada del evento  $n+1$  es independiente de la tasa de llegada del evento  $n$ .

Una forma de determinar la tasa de llegada que será dependiente del tiempo (hora del día) es dividir la muestra en sub-intervalos más pequeños. Luego, calcular la tasa de llegada como el promedio de llegadas en el sub-intervalo. De ese modo la tasa promedio de llegadas en el sub-intervalo dividido por el largo del intervalo, nos permite obtener la tasa de llegada medido en llamadas por minuto como muestra la ilustración 4.

---

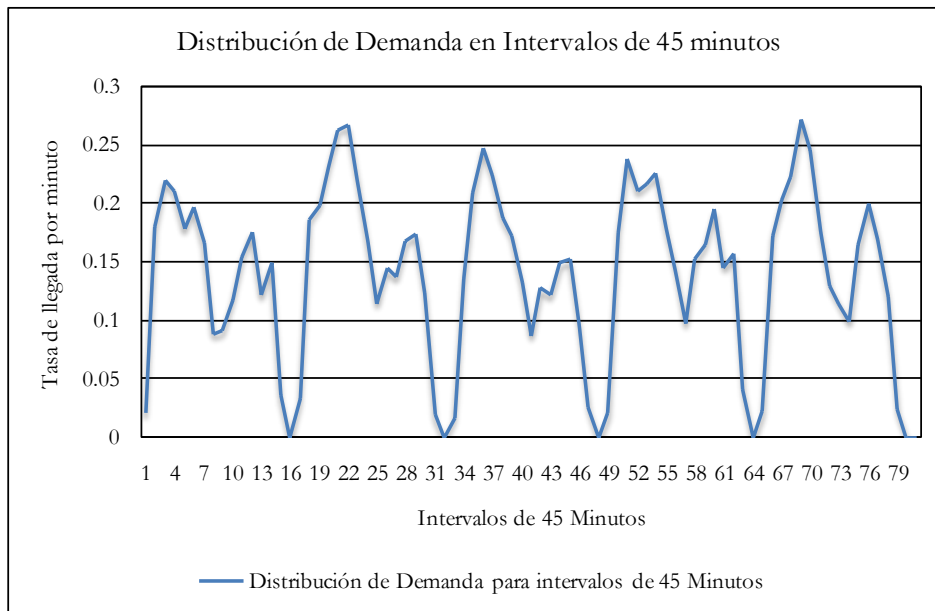
<sup>2</sup>Esto quiere decir que la tasa de llegada de las llamadas depende del tiempo. En este caso de la hora del día de la semana.

**Ilustración 4: Distribución bruta de Demanda**



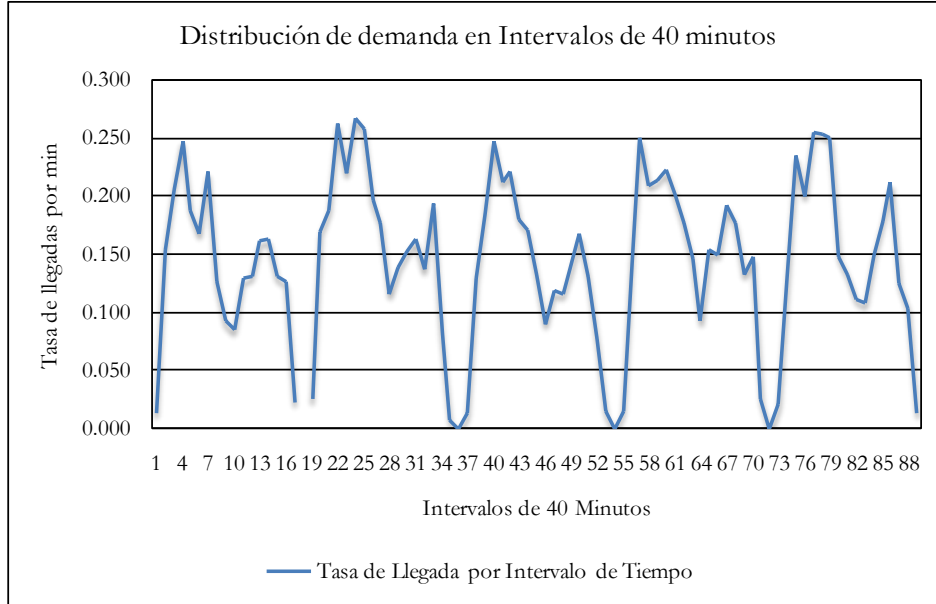
Este proceso se debe repetir para diferentes sub-intervalos (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 minutos). Los sub-intervalos de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 fueron descartados ya que se consideraron muy “zigzagueantes”, mientras que el de 45 minutos (ver ilustración 5) fue descartado por parecer una curva muy suave, lo que nos permite inferir que este intervalo excluye información relevante.

**Ilustración 5: Distribución de Demanda con Intervalos de 45 minutos**



Como resultado de lo anterior, y habiendo descartado los demás intervalos hemos escogido la tasa de llegada, en base a sub-intervalos de 40 minutos la cual se puede observar en la ilustración 6.

**Ilustración 6: Distribución de Demanda con Intervalos de 40 minutos**



Estas tasas de llegada con respecto a la hora de la semana, será la que generará la demanda en el sistema.

Para esto se calcula la media en función del tiempo de simulación de la siguiente manera<sup>3</sup>:

$$\mu(\Delta t) = N(\Delta t)^{-1}$$

$$\alpha(\Delta t) = \frac{N(\Delta t)}{\beta(\Delta t) \times \Delta t}$$

Donde:

1.  $\Delta t = 40$  [min]
2.  $N(t)$ : Cantidad de llegadas por intervalo
3.  $\alpha(t)$ : Tasa de llegada
4.  $\mu(t)$ : Media de la distribución de Poisson
5.  $\beta(t)$ : Factor de Normalización para t

<sup>3</sup> El detalle de los cálculos se encuentra en el Anexo 1.

## **ii. Cantidad de Técnicos Disponibles**

---

Se reportó que los turnos de los técnicos son de 8:30 a 18:00 hrs. para 25 de ellos y de 10:00 a 20:00 hrs. para 3, haciendo un total de 28 técnicos. No obstante mirando la operación de Soporte En Terreno, la gestión limita la salida de los técnicos a terreno, por este motivo eliminamos a los técnicos disponibles hasta las 9:30 del día, ya que al menos hasta esa hora los técnicos aún no se han dirigido a sus atenciones.

Se eliminó de los datos aquellos técnicos que hacen las devoluciones de equipos, dado que estas atenciones son programadas y no entran en los requerimientos con niveles de cumplimiento topes.

## **iii. Nivel de Inventario**

---

Para la construcción del modelo lo esperado era generar un nivel de inventario que fuera dependiente del tipo de falla, sin embargo la forma en que la Empresa medía y gestionaba el nivel de inventario no era correcto. La medida del nivel de inventario consistía en medir el nivel de disponibilidad sobre un lista que la unidad de Soporte en Terreno le entregaba a la unidad de logística, la cual contenía los repuestos y respaldos que más se utilizaban, así logística se comprometía a mantener un nivel de disponibilidad de 95% sobre esa lista. Este nivel se cumplía, sin embargo no se medía la cantidad de veces en las que alguna falla requería un repuesto que no estaba.

Producto delo anterior era imposible saber el nivel de inventario real del sistema. Frente a esto fue necesario tomar una medida global del nivel de inventario en una muestra de órdenes. Así se solicitó a los supervisores operacionales que durante una semana registraran cuantas veces habían requerido un repuesto y/o respaldo que no estuvieran disponibles, luego de este ejercicio se obtuvo que en un 75% de los casos los repuestos están disponibles en bodega, mientras que el 25% se debía usar respaldo por no encontrar el repuesto adecuado o un similar.

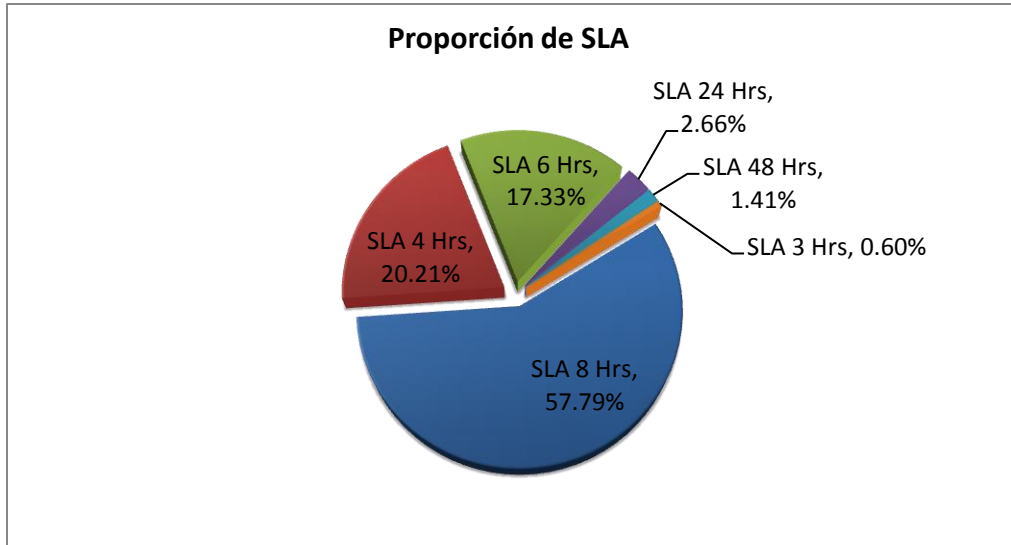
## **iv. Niveles de Servicio (SLA)**

---

El nivel de servicio o SLA corresponde al número de horas que se tiene desde su ingreso hasta que la falla ha sido resuelta. Esto determinará el nivel de prioridad de atención. SLA's más pequeños la urgencia de atención será mayor.

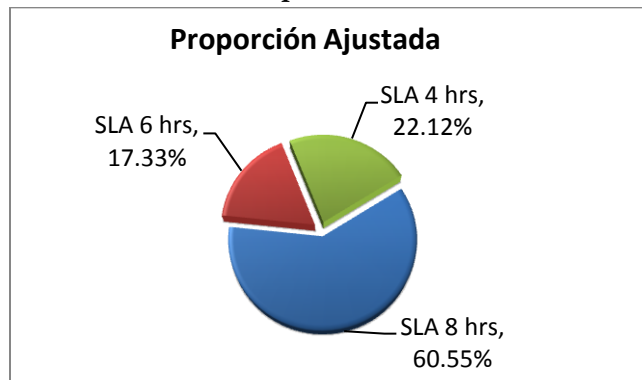
El nivel de servicio se determinó en base a los datos de los meses de Julio y Agosto del año 2007, en los cuales, por cliente se determinó cual era el SLA comprometido. Ver ilustración 7.

**Ilustración 7: Proporción de SLA en las OS**



La decisión fue considerar que los SLA registrados como de 24 hrs., en realidad son de 8 horas hábiles dentro de una cobertura específica y que los SLA de 48 hrs. y 3 hrs. no representan lo recurrente. La proporción de SLA se puede ver en la ilustración 8 a continuación:

**Ilustración 8: Proporción de SLA a Utilizar**



**v. Viaje de los Técnicos**

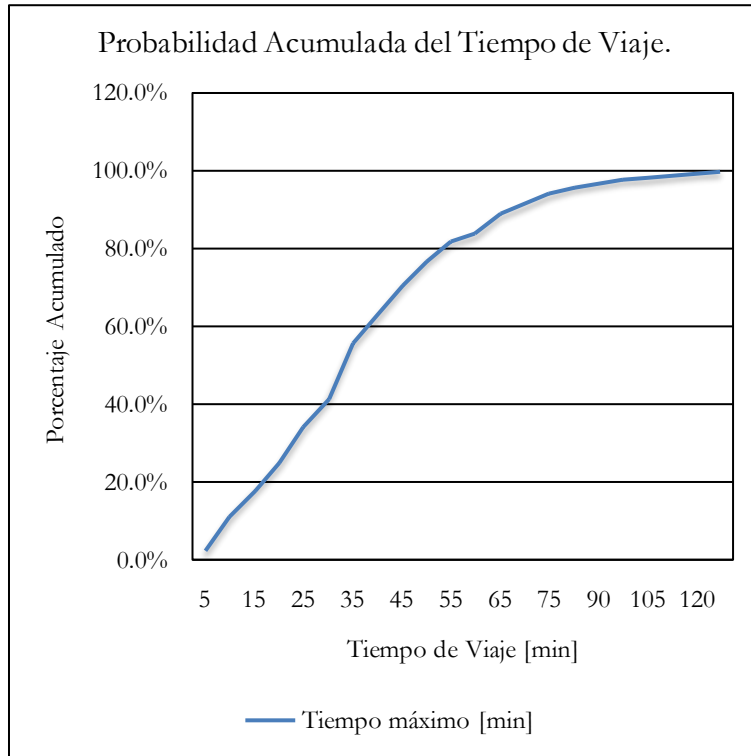
**Distribución de los Tiempos de Viaje**

Dado que la empresa no cuenta con información suficiente para determinar los tiempos de viaje, se tomó una muestra de dos meses de datos, consolidando 760 ordenes de servicio, donde se pidió a los técnicos que anotaran el tiempo que utilizaban en viajar para cada atención, el medio por el cual lo hacían y si habían sido asignados dinámicamente durante el viaje.



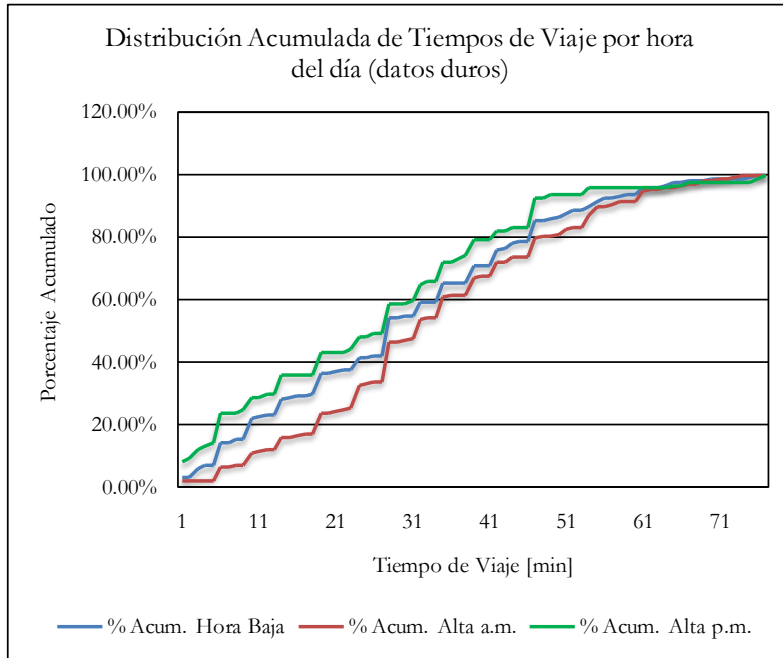
Se tomaron las probabilidades acumuladas de que un viaje dure determinado tiempo, lo cual entregó una distribución acumulada que puede verse en la ilustración 9.

**Ilustración 9: Distribución acumulada de Tiempos de Viaje**



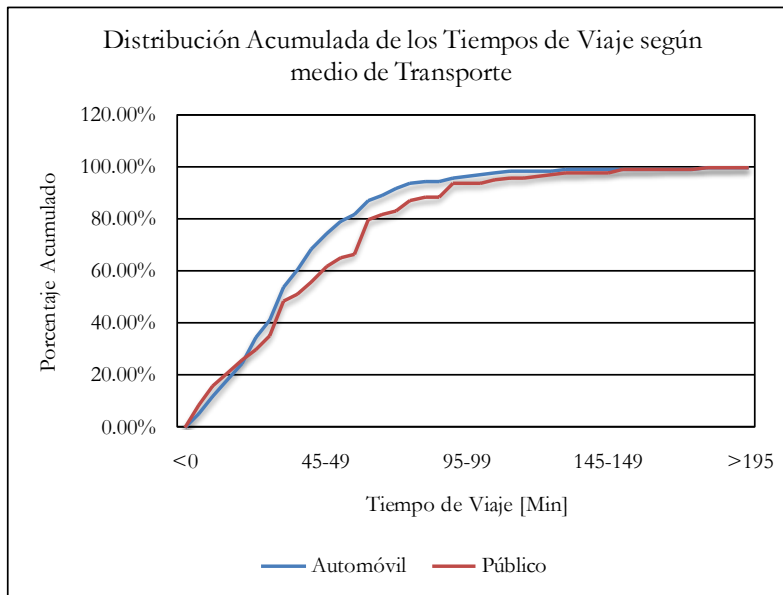
Luego de esto se buscó un factor de retraso para tomar en cuenta las horas peak dentro del día que deberían retrasar los viajes. Se consideraron los tres tramos distintos, uno de baja (8:00 hrs. – 9:00 hrs.; 12:00 hrs. – 16:00hrs; 17:20 hrs. – 19:20 hrs.), alta en la mañana (9:00 hrs. – 12:00 hrs.) y alta en la tarde (16:00 hrs. – 17:20 hrs.). Para nuestra sorpresa los tiempos de viaje no se comportan en base a lo esperado y tiene su razón en el hecho de que las asignaciones “largas” se efectúan en la mañana y en la tarde se ejecutan asignaciones cortas, esto hace que los tiempos de viaje no presenten una relación con respecto a los horarios de más o menos tráfico. A continuación en la ilustración 10 se puede ver este efecto.

**Ilustración 10: Distribución acumulada de Tiempos de Viaje por horario del día**



Luego con la información disponible se analizó si es que existía alguna correlación entre el tiempo de viaje y los medios de transporte. Para esto se diferencié aquellos viajes realizados en automóvil y aquellos realizados en transporte público. De la misma forma anterior se graficaron las probabilidades acumuladas, obteniendo el resultado mostrado en la ilustración N° 11.

**Ilustración 11: Distribución acumulada de los tiempos de viaje según medio de transporte**



Las diferencias encontradas dan cuenta de que el transporte público es levemente más lento que el realizado en automóvil, se inspeccionó si ponderando por un factor plano se lograba

igualar ambos tiempos. Se obtuvo que para un factor de un 25% los tiempos igualaban sus probabilidades acumuladas. Así la relación que hay entre el tiempo mínimo, utilizando un vehículo, y los tiempos de viaje en locomoción pública es de 1.25, es decir la locomoción pública termina siendo un 25% más lenta que los viajes en automóvil.

### **Disponibilidad del Medio de Transporte**

Los medios de transporte con disponibilidad limitada son la de los móviles subcontratados<sup>4</sup> y los móviles de la empresa. Existen 6 móviles subcontratados disponibles de forma homogénea durante la semana de simulación. Existe un móvil disponible de forma homogénea durante la semana de simulación. Ambos medios son de uso exclusivo de Soporte En Terreno, esto quiere decir que están disponibles a lo largo de todo el día y semana de simulación.

### **Costos del Medio de Transporte**

Con la información obtenida se evaluó los costos de los viajes a fin de determinar el costo fijo y el variable de un recorrido:

Transporte Público: Costo del pasaje en locomoción pública (380 Pesos por viaje).

Móviles subcontratados: El valor fijo que cobra un Móvil subcontratado por hacer uso del vehículo en la localidad de Santiago, es de \$22,415 pesos diarios, un móvil subcontratado atiende alrededor de 7 OS diarias. Esto genera un costo fijo por viaje de \$ 3,201.57 pesos. Sin embargo el nivel de utilización no es medido y no existen incentivos para que los móviles subcontratados sean más productivos.

Móvil Propio: Un móvil consume alrededor de \$280,000 pesos en costo fijo, lo que incluye el costo del chofer y las mantenciones, además de seguros y otros. Considera además un costo variable de \$120,000 pesos promedio que es el costo del combustible mensual (petróleo). Por otro lado un móvil realiza alrededor de 7 visitas diarias. Adicionalmente utilizamos que la velocidad promedio en Santiago es de 25Km/Hr, luego

$$\text{Costo fijo} = \$ 280,000 / (21 \times 7) = \$1,905$$

$$\text{Costo Variable} = (\$ 120,000 / (21 \times 7)) \times (25 / 60) = \$340$$

Radio Taxi: El cobro es variable sobre un mínimo de \$2400 pesos. El cobro variable tiene una parte fija de \$300 pesos, el costo por KM por minuto alcanza los \$267 pesos considerando que la velocidad promedio en nuestra ciudad es de 25-30 KM por hora.

El resumen se encuentra a continuación en la tabla 2.

---

<sup>4</sup> Los móviles Subcontratados, son taxis de particulares que tiene un contrato con la empresa donde se les paga un valor fijo por día.

**Tabla 2: Resumen de Costos de Transporte [Pesos]**

<b>Medio de Transporte</b>	<b>Costo Base</b>	<b>Costo Fijo</b>	<b>Costo Variable por min.</b>
Transporte Público	0	380	0
Móvil subcontratado	0	3,202	0
Móvil Propio	0	1,905	340
Radio Taxi	2,400	300	167

**Elección del Medio de Transporte**

Para elegir el medio de transporte se debe tener en consideración que el manejo de repuestos no es fácil de transportar en medio público y tiene un riesgo asociado a robos, es por esto que la selección es en base a costos y al hecho de viajar con equipamiento o sin él.

Dado que el modelo no considerará el tipo de repuesto que se utiliza, básicamente porque no se tiene la información para categorizar las fallas y con eso el tipo de repuestos histórico que usa esa falla, se definió una regla que busca incorporar esta variable. Así en base al conocimiento de la operación se utilizó la siguiente regla:

Si no se debe utilizar un repuesto para resolver las fallas se utiliza la prioridad descrita en la tabla 3:

**Tabla 3: Prioridad del Medio de transporte para fallas sin repuesto.**

<b>Prioridad</b>	<b>Medio de Transporte</b>
1	Móvil Subcontratado
2	Transporte Público
3	Móvil Propio
4	Radio Taxi

Donde la prioridad de menor número es la más importante.

Si se necesita un repuesto o respaldo para reparar, la prioridad que se utiliza es la descrita en la tabla 4:

**Tabla 4: Prioridad del Medio de transporte para fallas con repuesto.**

<b>Prioridad</b>	<b>Medio de Transporte</b>
1	Móvil Subcontratado
2	Móvil Propio
3	Radio Taxi

Donde la prioridad de menor número es la más importante.

## **vi. Mesa de Ayuda.**

---

### **Cantidad de Diagnósticos**

La mesa de ayuda que recibe los llamados está capacitada para realizar un diagnóstico sobre la solución y debe resolver en línea cierta cantidad de fallas. Esta información fue obtenida mediante una “escucha silenciosa” a la mesa de ayuda donde se determinó que el 33% de los llamados tienen diagnóstico.

En la práctica el número de técnicos que salen con repuesto desde la central, es decir apuestan a que la falla es una específica, es el 90% del total de peticiones de repuestos. La cantidad de errores cometidos es de un 12% aproximadamente, esto dice que algo hace que la cantidad de diagnósticos que existan es muy superior a la medida obtenida con la “escucha silenciosa”. Por otro lado se estudió la alternativa de un diagnóstico del 33% y se concluyó que es imposible que ese número esté correcto. Existe una relación entre la cantidad de diagnósticos y las veces que se puede decidir o no esperar en terreno a que llegue el repuesto. Esta relación dice que se requiere un nivel de diagnósticos del 90% y de efectividad de un 88% en él para obtener la medida comprobada de veces que se decide esperar o no un repuesto en terreno.

### **Calidad de los Diagnósticos**

La Mesa de Ayuda puede estar equivocada en el diagnóstico que realiza, basados en el número de repuestos que son enviados a los técnicos en terreno, se consideró que el 88 % de los diagnósticos que realiza son correctos y el 12 % no lo son. Para efectos prácticos cuando un diagnóstico realizado no es correcto es como si no hubiese existido.

## **vii. Criterio para Uso de la Mesa de Escalamiento.**

---

El uso de la Mesa de escalamiento solo está determinado por el tipo de falla que reporta el cliente, por conocimiento experto se determinó que la cantidad de llamados que pasan por la mesa de escalamiento es del orden del 18 %.

### viii. Tiempos de Diagnóstico y Solución

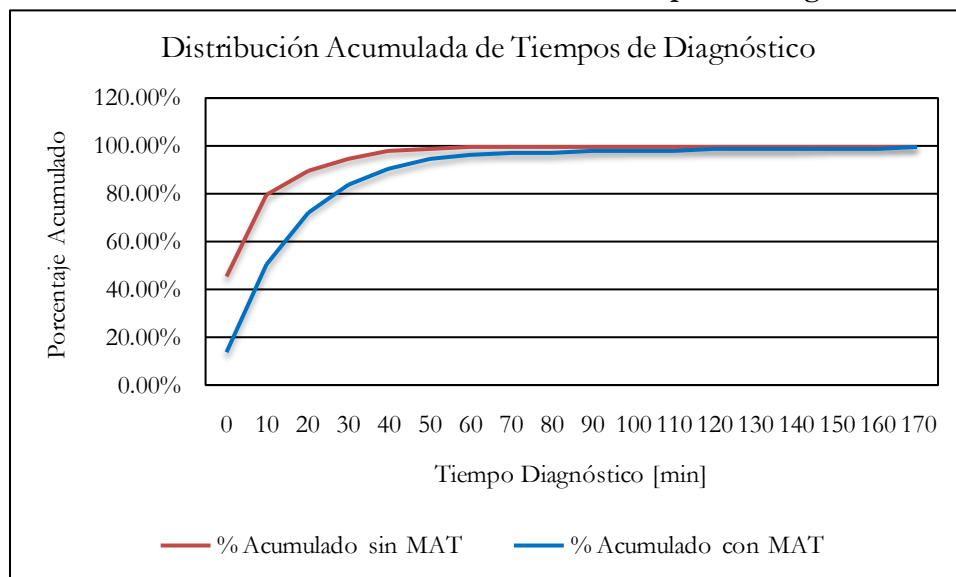
Cada falla por su tipo tiene un tiempo aproximado de diagnóstico y solución, por ejemplo cuando falla una fuente de poder (donde la declaración del cliente es que “el equipo no enciende”) el tiempo de diagnóstico es bajo (5 minutos) y el de solución también (10 minutos) mientras que cuando existe una falla de Software el diagnóstico y la solución es incierto ya que en muchos casos es necesario ejecutar parches que pueden tardar hasta 2 horas solo para determinar cuál será la falla, luego la solución puede tardar pocos minutos dependiendo del diagnóstico.

Para determinar los tiempos de diagnóstico y solución para los distintos tipos de fallas (con uso de Mesa de escalamiento y sin uso de ella) se auditaron 856 órdenes de servicio, con la información que estaba escrita en ellas se determinó el tiempo de llegada del técnico a terreno y la hora de término de la atención. Para hacer la distinción entre diagnóstico y solución se le pidió a quienes auditaron las ordenes que estimaran un tiempo, en base a su experiencia y a la descripción que se encontraba en la orden.

#### Distribución de los Tiempos de Diagnóstico y Solución

Las distribuciones acumuladas de los tiempos de diagnóstico con y sin mesa de escalamiento se pueden ver en la ilustración 12.

**Ilustración 12: Distribución Acumulada de Tiempos de Diagnóstico**



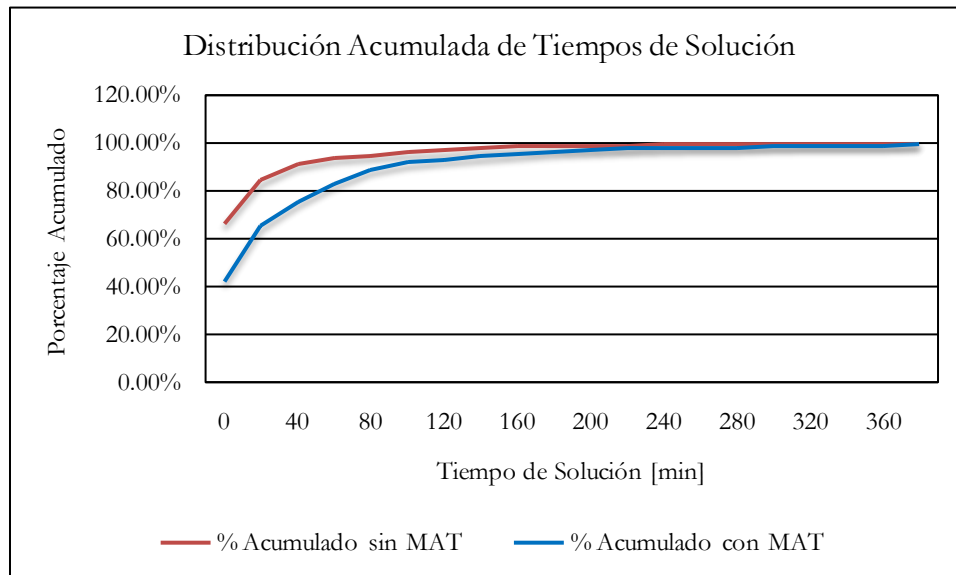
Esto quiere decir que los tiempos de diagnóstico se comportan como lo muestra la tabla 5:

**Tabla 5: Distribución Acumulada de Tiempos de Diagnóstico**

Tpo Diagnostico [min]	% CON MAT	% Acumulado con MAT	% SIN MAT	% Acumulado sin MAT
0	13.76%	13.76%	45.59%	45.59%
10	36.80%	50.56%	34.09%	79.67%
20	21.91%	72.47%	10.47%	90.14%
30	11.52%	83.99%	4.93%	95.07%
40	6.74%	90.73%	3.29%	98.36%
50	3.93%	94.66%	0.82%	99.18%
60	2.25%	96.91%	0.41%	99.59%
70	0.28%	97.19%	0.21%	99.79%
80	0.00%	97.19%	0.00%	99.79%
90	0.84%	98.03%	0.21%	100.00%
100	0.28%	98.31%	0.00%	100.00%
110	0.00%	98.31%	0.00%	100.00%
120	0.56%	98.88%	0.00%	100.00%
130	0.00%	98.88%	0.00%	100.00%
140	0.00%	98.88%	0.00%	100.00%
150	0.56%	99.44%	0.00%	100.00%
160	0.00%	99.44%	0.00%	100.00%
170	0.56%	100.00%	0.00%	100.00%

Mientras que los tiempos de solución se pueden ver en la ilustración 13:

**Ilustración 13: Distribución Acumulada de Tiempos de Solución**



Esto quiere decir que los tiempos de solución se comportan como muestra la tabla 6:

**Tabla 6: Distribución Acumulada de Tiempos de Solución**

Tpo Solución [min]	CON MAT	% Acumulado con MAT	SIN MAT	% Acumulado sin MAT
0	42.42%	42.42%	66.53%	66.53%
20	23.31%	65.73%	18.07%	84.60%
40	9.83%	75.56%	6.98%	91.58%
60	7.87%	83.43%	2.67%	94.25%
80	5.90%	89.33%	1.03%	95.28%
100	2.81%	92.13%	1.23%	96.51%
120	1.40%	93.54%	0.62%	97.13%
140	1.12%	94.66%	1.23%	98.36%
160	1.12%	95.79%	0.41%	98.77%
180	1.12%	96.91%	0.21%	98.97%
200	0.56%	97.47%	0.00%	98.97%
220	0.56%	98.03%	0.41%	99.38%
240	0.28%	98.31%	0.41%	99.79%
260	0.28%	98.60%	0.00%	99.79%
280	0.00%	98.60%	0.00%	99.79%
300	0.56%	99.16%	0.00%	99.79%
320	0.28%	99.44%	0.00%	99.79%
340	0.00%	99.44%	0.00%	99.79%
360	0.00%	99.44%	0.00%	99.79%
380	0.56%	100.00%	0.21%	100.00%

### Costos del Tiempo Utilizado

Se consideran como costos solo las Horas Hombre utilizadas a un costo empresa de \$3.115 pesos.

### ix. Representación de Tiempos Muertos

Una vez desarrollado el modelo de simulación, en la fase de las corridas de prueba se identificó que había variables desconocidas que hacían que la operación se retrasara. Sin embargo estos retrasos no se producían en una etapa del proceso levantado, ya que se auditó por cada etapa cual era la variable en la realidad y cual era en la salida del proceso. Después de una investigación detallada en terreno, observando la operación, se identificó que existían dos etapas en la que el proceso se detenía por algún motivo.

Estas etapas eran al inicio de la gestión, cuando la mesa de ayuda entregaba la OS al supervisor operacional y en la gestión de la bodega, cuando un supervisor debe enviar un repuesto o un respaldo a un técnico en terreno y debe coordinar el equipo y el transporte. A estos tiempos se les llamó “tiempos muertos”



### **Tiempo Perdido en la Entrada**

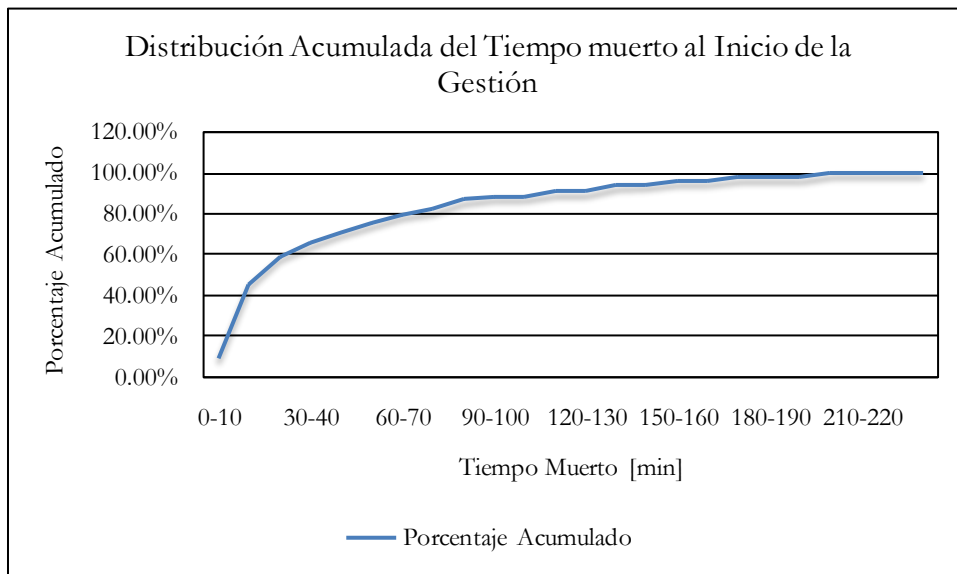
Para representar los tiempos muertos que existen en la operación de Soporte en Terreno, que incluye el tiempo en que el cliente es atendido telefónicamente, espera a que la orden se asigne a un supervisor y espera a que el supervisor la asigne a un técnico, se decidió incorporar una tardanza a todas las OS.

Este número se obtuvo tomando la diferencia que existe entre la hora de generación del Aviso en el sistema de información (SAP) y la hora de generación de la OS, esta hora debe coincidir con el momento en el cual se asigna un técnico a terreno. Los motivos por los cuales se produce este retraso son variados pero tiene un origen común, los supervisores operacionales realizar muchas labores administrativas que les impiden asignar y monitorear el cumplimiento y la atención del técnico en terreno. Las labores administrativas van desde escanear las OS que ya se han atendido, hasta buscar un número de parte en el sistema para pedir su utilización.

Los tiempos obtenidos revelan que hay disparidad de casos, por esto se utilizó una distribución que nos permitiera obtener las métricas que se consideran adecuadas.

A continuación, en la ilustración 14 se puede ver la distribución acumulada utilizada en el modelo. Obtenida de un universo de 183 órdenes de servicio.

**Ilustración 14: Distribución Acumulada del Tiempo muerto al inicio**



### **Tiempo Perdido en Peticiones a Bodega**

Ocurre cada vez que se solicita un repuesto.

Se midió para 6 casos la tardanza que existe entre que se sabe que se requiere un producto de bodega y la hora en que es despachado. Los resultados muestran casos variados, el mínimo de la espera es de 20 minutos y el máximo es de 2 hrs.

El motivo de lo prolongado de estos tiempos, escapan a la operación. Se dio un caso en el cual el Supervisor Operacional dejó de asignar durante más de dos horas debido a que tuvo que asistir a una reunión. Los casos más recurrentes dicen relación con las etapas del proceso de petición a la bodega y al transporte. Cuando un supervisor operacional sabe que debe enviar un equipo a terreno, hace lo siguiente:

1. Revisa disponibilidad en el sistema de la parte.
2. Baja la escalera
3. Pide el equipo que requiere
4. Espera a que se lo entreguen
5. Sube la escalera
6. Solicita por medio de e-mail un medio de movilización
7. Le confirman la llegada del móvil
8. Baja la escalera
9. Entrega el equipo al móvil

Todas las actividades las realiza la misma persona que debe estar asignando, lo cual produce un doble retraso. Y además las tareas las realiza de forma secuencial, con lo que si la bodega está llena de gente y debe esperar 25 minutos, los espera, sin adelantar por ejemplo la solicitud del móvil.

### **x. Asignación Dinámica**

---

#### **Criterio de Asignación Dinámica**

La asignación dinámica, nombre que se le da al hecho de reasignar a un técnico a una atención distinta de la original, es una práctica utilizada por los supervisores operacionales cuando identifican, en base a su conocimiento, que una orden está en estado crítico y podría salirse de SLA si es que no es atendida de forma inmediata. Este proceso puede ocurrir de dos formas:

Cuando el técnico está viajando, en este caso será reasignado cuando el tiempo de término para el evento en curso es mayor que el más estrecho de los que están esperando a ser asignados en al menos 60 minutos. Este criterio se definió en base al tiempo que demora el diagnóstico más la solución con un 80% de probabilidad.

Adicionalmente se debe cumplir lo siguiente:

La orden que está siendo atendida debe quedarle a lo menos 2 hrs. para el Término.

La orden más estrecha que está a la espera de ser asignada debe quedarle a lo más 1 HR para el Término.

La cantidad de Ordenes que son reasignadas en viaje son aproximadamente el 1.6% del total de ordenes atendidas.

Cuando el técnico soluciona. Una vez que se ha realizado el diagnóstico y el técnico ha solicitado un repuesto o respaldo, debe decidir si espera el repuesto o se va a otra atención, esto también se entiende como una asignación dinámica. Aquí el criterio de esperar o no, es ligeramente distinto. El técnico espera el repuesto o respaldo si es que el tiempo que se demora en llegar es menor a 60 minutos. Y también si es que viene de la central y tiene diagnóstico.

La cantidad de veces que el técnico decide si espera o no es del 12 % aproximadamente del total de órdenes del día. La cantidad de veces que espera un repuesto es el 90 % de ese 12%.

Por otro lado el envío es realizado mayoritariamente en radio taxi por lo que tiene un valor en pesos igual al Máximo entre 2400 y  $300 + \text{tiempo de viaje} * 167$ .

### **xi. Cantidad de OS que Requieren uso de Repuesto, Respaldo o Nada.**

---

Para determinar la cantidad de atenciones que requieren algún repuesto para ser resueltas en el tiempo comprometido se extrajo una muestra del sistema SAP para dos meses del 2007, alrededor de 5,000 datos, y se seleccionaron todas aquellas atenciones que requirieron algún tipo de parte o pieza y no era devuelto (si recordamos la operación permite sacar un repuesto para llevarlo a terreno a modo de prueba y devolverlo si no es utilizado). Esta medición arrojó que la cantidad de Ordenes de servicio que requerían repuesto o respaldo para ser cerradas es del 40% del total, luego el 60% no requiere de repuestos ni de respaldos para ser resueltas.

### **Equipamiento con Garantía**

Existe el caso en el cual los equipos reparados tengan garantía por partes y piezas, en cuyo caso el valor del repuesto es cero pero si genera una visita adicional por el hecho de la devolución de la parte. Este hecho ocurre ya que el procedimiento que establecen los fabricantes de equipos para la entrega de garantías obliga a retirar la pieza, respaldarla, cambiarla y luego instalarla nuevamente.

Según los datos entregados por la Gerencia de Servicio el 25% de los casos en los que se utiliza repuesto o respaldo, tiene garantía. Sin embargo la gestión sobre las garantías no eran registradas. Para el modelo las órdenes que tienen garantía vuelven a entrar al modelo con un

SLA adicionado en 8 horas, este efecto produce un “aumento” de demanda por lo que influye en el cumplimiento de las OS.

En la validación del modelo, se notó que era imposible que solo el 25% de OS contara con garantía, producto de la composición del parque de equipos con contrato. Más del 70% de los equipos atendidos con este servicio están asociados a contratos de leasing a 36 meses, en cuyo caso los quipos cuentan con garantía del fabricante por el mismo periodo. Frente a este nuevo antecedente de decidió con la Gerencia del Servicio utilizar que el porcentaje de OS que reportan fallas de equipos con garantía vigente es el 50%.

### **Utilización de Respaldos.**

Los respaldos son utilizados cuando no hay repuesto o cuando la falla solo puede ser resuelta en laboratorio por lo cual es necesario dejar un equipo de respaldo donde el cliente, el cual será cambiado por el equipo falló una vez que sea reparado en laboratorio.

Si bien, de la muestra que se tomó la probabilidad de que por inexistencia del repuesto requiera respaldo es de 64.29%, para el modelo se consideró un 100% ya que las formas de mitigar el 35.71% es haciendo negociaciones con el cliente, lo cual no se busca como práctica en la empresa.

Probabilidad de que una falla requiera respaldo: 34.951%

Para los casos en los cuales se utiliza respaldo, las órdenes no cambian de diagnóstico, es decir si el modelo determinó que una falla requiere respaldo, no ocurre que ese diagnóstico sea modificado, la atención terminará en el cambio del equipo con los costos que eso genera.

### **Costos asociados.**

Los costos asociados a la utilización de respaldos son el equivalente a 6 Horas Hombre + el costo de dos viajes. Las 6 horas hombre representa el tiempo en laboratorio y el tiempo que usa un técnico en la devolución. Los dos viajes representa el del equipo del cliente al laboratorio y el de la devolución del mismo.

El Costo asociado al uso de un repuesto, depende del tipo de falla que se esté reparando. Se tomó la estadística de costos de los meses de Agosto a Noviembre, separándolo por ítem y así por línea se obtuvo el resultado de la tabla 7:

**Tabla 7: Costo promedio por tipo de Equipamiento**

Tipo Equipo	Promedio de Costo Sin Garantía	Cantidad de Casos	Categoría
Inyectora	\$79,232.69	13	0
IPAQ	\$59,053.00	3	0
Laser	\$86,969.18	145	1
Matriz	\$62,249.15	62	0
Monitor	\$45,716.91	147	0

Tipo Equipo	Promedio de Costo Sin Garantía	Cantidad de Casos	Categoría
Notebook	\$92,487.34	41	1
PC	\$20,817.96	1448	0
Periférico	\$121,294.70	10	0
Scanner	\$86,344.50	2	0
Térmica	\$181,543.69	13	0
Ups	\$34,969.00	1	0

Con lo cual el costo promedio unitario por el uso de Repuestos para fallas con o sin Mesa de Escalamiento será el siguiente, ver tabla 8:

**Tabla 8: Resumen de Costos por tipo de equipamiento**

	Con Mesa de Escalamiento	Sin Mesa de Escalamiento
Cantidad	186	1699
Valor Promedio Unitario	\$88,186	\$26,905

**2. DEFINIR LOS SUPUESTOS:**

El modelo de operación presentado contempla los siguientes supuestos:

1. No existen errores de diagnostico en terreno. Es decir, cuando un técnico en terreno diagnostica, este es 100% certero.
2. Producto de la inexistencia de los datos de ubicación de la demanda, el modelo no contempla decisiones de ruteo, y se asume que los tiempos de viaje (de técnicos y repuestos) solo dependen del modo de transporte ubicado y que siguen una distribución dada.
3. Si hay diagnostico de la Mesa de Ayuda, el técnico estaba en la central y el diagnóstico decía que debía usar un respaldo, el modelo lo instala aunque el diagnóstico esté errado.
4. Lo que se demora en respaldar es la suma del tiempo en que me llegue el respaldo más el 40% del tiempo de solución. Este dato no es claro y fue uno de los parámetros sensibilizados para obtener las métricas deseadas.

5. Se genera una visita en el diagnóstico y en la solución. Se genera una visita adicional en la petición de un respaldo. Para el diagnóstico esta visita ocurre en el caso que el diagnóstico hecho por la mesa de ayuda no sea correcto. Para la solución será en el momento de efectuar una asignación dinámica, que ocurre en el caso de que el técnico no deba esperar por un repuesto o un respaldo.

### 3. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL SISTEMA:

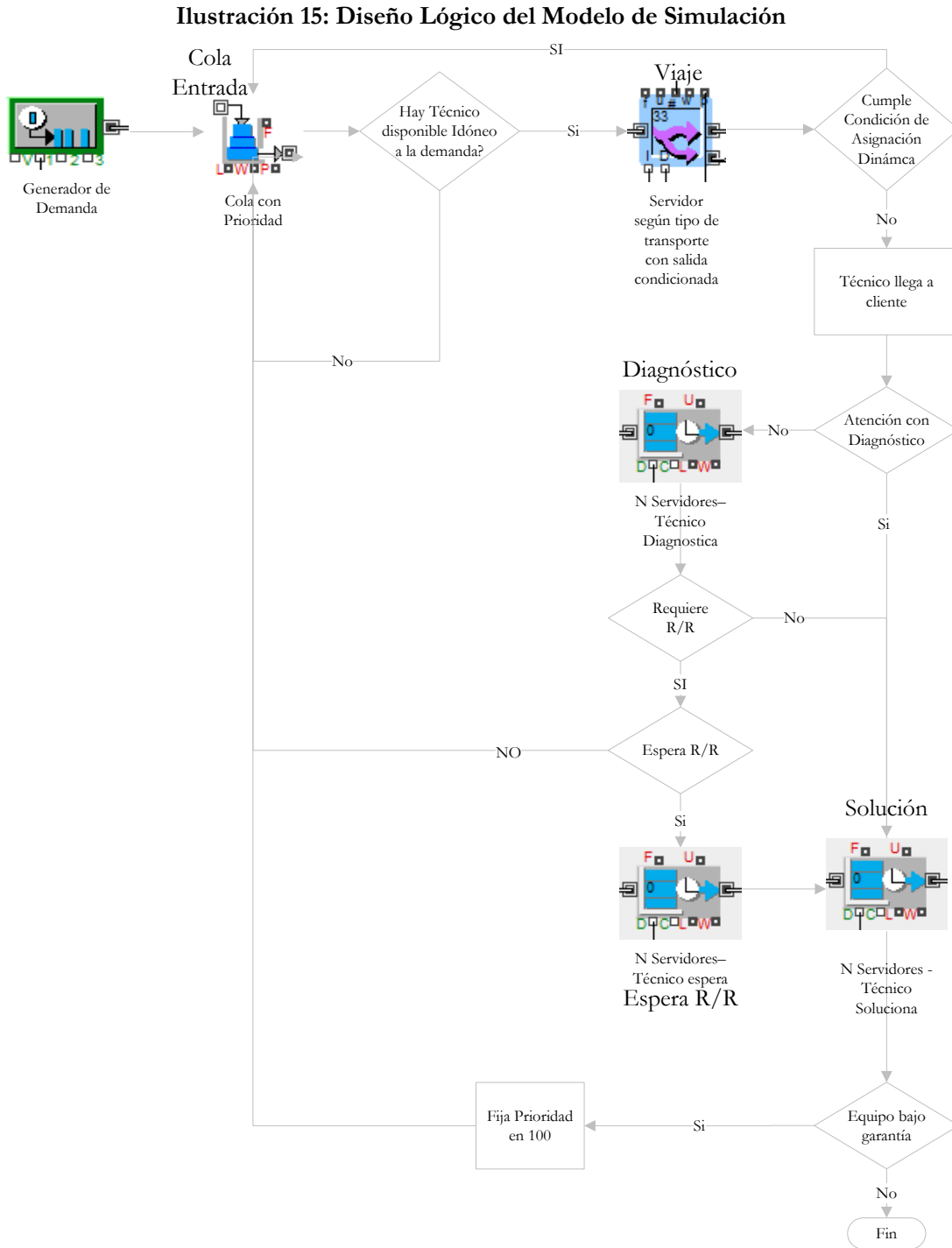
En la operación se tienen consideradas algunas variables de calidad como son: las visitas por Orden de servicio y el nivel de cumplimiento. Adicionalmente se quiso calcular el costo promedio total por OS.

### 4. DEFINIR EL ALCANCE DEL MODELO:

Considerando la información existente se define al alcance del modelo como el siguiente: se considerarán las atenciones dentro de Santiago, excluidos los casos extremos, con localidades como los Andes, Buin, Calera de tango, etc.

5. CONSTRUIR UN MODELO INICIAL:

Se construyó un modelo con las etapas básicas del proceso. El diseño lógico del modelo se basa en la secuencia descrita en la ilustración 15:



### 2.3. Validación de supuestos

Se validó y aprobó todos los supuestos presentados a los conocedores del negocio expuestos en el punto 2.2.2 con esto se puede decir que los supuestos están completos y correctos, los integrantes del proyecto y tomadores de decisión confían en los resultados del modelo y se identifican con él.

### 2.4. Construcción del modelo

La construcción del modelo se realizó como sigue.

Representación de los elementos:

#### 1. GENERADORES

Existe solamente una etapa del modelo donde nacen OS por lo que solo al inicio se cuenta con generadores, estos consisten en un elemento que genera OS según una función de Poisson de media variable que depende del intervalo de la semana que esté transcurriendo.

Cada día se dividió en 17 intervalos de 40 minutos, por lo cual en la semana (5 días) hay 85 intervalos de 40 minutos. De esta forma de acuerdo al tiempo de la simulación (t) se calcula el intervalo ( $\Delta t$ ) que corresponda mediante la siguiente función:

$$\Delta t = 1 + \left\lfloor \frac{1}{40} \times t \right\rfloor - 85 \times \left\lfloor \frac{1}{85} \times \left\lfloor \frac{1}{40} \times t \right\rfloor \right\rfloor$$

Luego según el intervalo el módulo en la simulación toma un valor para la media y lo utiliza como generador de órdenes de servicio. A continuación la equivalencia en la tabla 9:

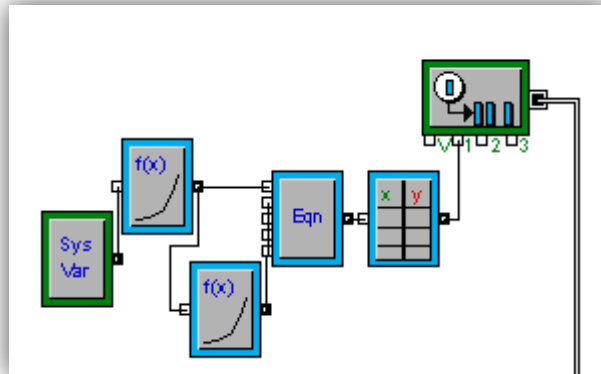


**Tabla 9: Conversión de Intervalos a Media para Función de Poisson**

Int	Media	Int	Media	Int	Media	Int	Media	Int	Media
1	62.857	18	43.077	35	68.571	52	65.000	69	47.273
2	1.000	19	6.364	36	1.000	53	1.000	70	7.761
3	4.112	20	5.714	37	5.053	54	4.000	71	4.262
4	3.411	21	4.088	38	3.721	55	6.842	72	5.000
5	4.490	22	4.912	39	4.364	56	4.685	73	3.910
6	5.116	23	4.029	40	4.248	57	4.483	74	3.939
7	3.860	24	4.179	41	5.106	58	4.952	75	4.000
8	6.667	25	5.490	42	5.393	59	5.652	76	6.753
9	9.167	26	6.087	43	7.059	60	6.842	77	7.536
10	10.000	27	9.333	44	10.213	61	10.833	78	8.966
11	6.667	28	7.778	45	7.869	62	6.500	79	9.286
12	6.567	29	7.089	46	8.000	63	6.667	80	6.667
13	5.301	30	6.588	47	6.667	64	5.200	81	5.591
14	5.176	31	7.887	48	5.517	65	5.652	82	4.727
15	6.471	32	5.545	49	7.059	66	7.536	83	8.000
16	6.667	33	13.023	50	12.000	67	6.753	84	9.630
17	23.158	34	40.000	51	48.000	68	21.667	85	52.000

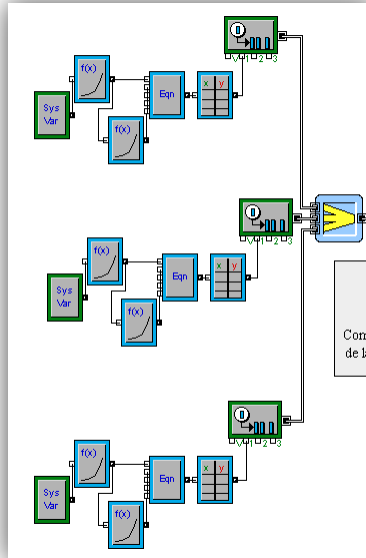
En la ilustración 16 se puede ver la representación gráfica de un generador en el programa Extend.

**Ilustración 16: Representación de un Generador en el modelo.**



Para duplicar y triplicar la demanda se repitieron los generadores dos y tres veces respectivamente, los que se dirigían a una puerta única. A continuación el diagrama en la ilustración 17:

Ilustración 17: Representación de un Generador con la Demanda triplicada.



## 2. REPRESENTACIÓN DE PARÁMETROS

### **i. Representación de la Cantidad de Técnicos Disponibles**

Para limitar la cantidad de técnicos por turno se estableció una cantidad máxima de OS dentro del sistema, se adicionó una “puerta a la entrada” donde el programa cuenta cuantas OS entran y cuantas han salido del sistema (las que se encuentran en cola están fuera), estar dentro del sistema es similar a pensar que un técnico está viajando, diagnosticando, solucionando o esperando un repuesto en terreno. Cualquier otro estado es fuera del sistema.

La puerta diferencia por turno y separa el tiempo de la simulación en 85 intervalos y cada uno de ellos tiene una cantidad máxima de OS en el sistema.

### **ii. Nivel de Inventario**

El nivel de inventario fue representado por una probabilidad de encontrar o no repuesto a la hora de pedir.

Se obtuvo que en un 75% de los casos los repuestos estén disponibles en bodega, mientras que el 25% se debía usar respaldo por no encontrar el repuesto adecuado.

### **iii. Niveles de Servicio (SLA)**

---

Los niveles de servicio son representados mediante un atributo de la Orden llamado “SLA” el cual toma el valor de 240, 360 o 480 según la probabilidad de tener 4, 6 u 8 horas de SLA respectivamente.

### **iv. Viaje de los Técnicos**

---

#### **Distribución de los Tiempos de Viaje**

El modulo de transporte en el cual se deciden los tiempos y costos de viaje, son iguales en las distintas etapas del modelo.

Se tomó las probabilidades acumuladas de que un viaje dure determinado tiempo, así se alimentó el modelo con una distribución acumulada.

Para la representación en el modelo se busca de forma uniforme y aleatoria un numero entre 0 y 1, este determina en que parte del grafico (eje y) se está ubicado, luego se considera una distribución uniforme entre los puntos extremos definidos.

Para tomar en cuenta la relevancia del medio de transporte con respecto al tiempo de viaje. Se ponderó el tiempo de viaje del transporte público haciéndolo un 25% más lento.

#### **Disponibilidad del Medio de Transporte**

Se representó mediante servidores con capacidad limitada para los Móviles subcontratados y los móviles propios e ilimitada para el transporte público y los radio taxis.

#### **Costos del Medio de Transporte**

Para representar el costo se almacenó en un “contador” el costo en concepto de viaje por cada viaje producido, según la regla de costos antes explicada.

El resumen aparece a continuación en la tabla10:

Tabla 10: Costos por medio de Transporte

Medio de Transporte	Costo Base	Costo Fijo	Costo Variable por min.
Transporte Público	0	380	0
Móvil subcontratado	0	1,494	0
Móvil Propio	0	1,905	340
Radio Taxi	2,400	300	167

### Elección del Medio de Transporte

Dado que el modelo no considera el tipo de repuesto que se utiliza, básicamente porque no se tiene la información para categorizar las fallas y con eso el tipo de repuestos histórico que usa esa falla, se definió una regla que busca incorporar esta variable. Así en base al conocimiento de la operación se utilizó la siguiente regla:

Si no se debe utilizar un repuesto para resolver las fallas uso la prioridad según la tabla 11:

Tabla 11: Prioridad del medio de transporte para fallas sin repuesto

Prioridad	Medio de Transporte
1	Móvil Subcontratado
2	Transporte Público
3	Móvil Propio
4	Radio Taxi

Donde la prioridad de menor número es la más importante.

Si se necesita un repuesto o respaldo para reparar, la prioridad es la especificada en la tabla 12:

Tabla 12: Prioridad del medio de transporte para fallas con repuesto

Prioridad	Medio de Transporte
1	Móvil Subcontratado
2	Móvil Propio
3	Radio Taxi

Donde la prioridad de menor número es la más importante.

### v. Mesa de Ayuda.

**Cantidad y Calidad de Diagnósticos**

La cantidad de diagnósticos y calidad de los diagnósticos generados en el modelo dependerá solo del valor que toma un parámetro según una probabilidad. La probabilidad fue la estudiada en el punto de “Datos de la Operación”

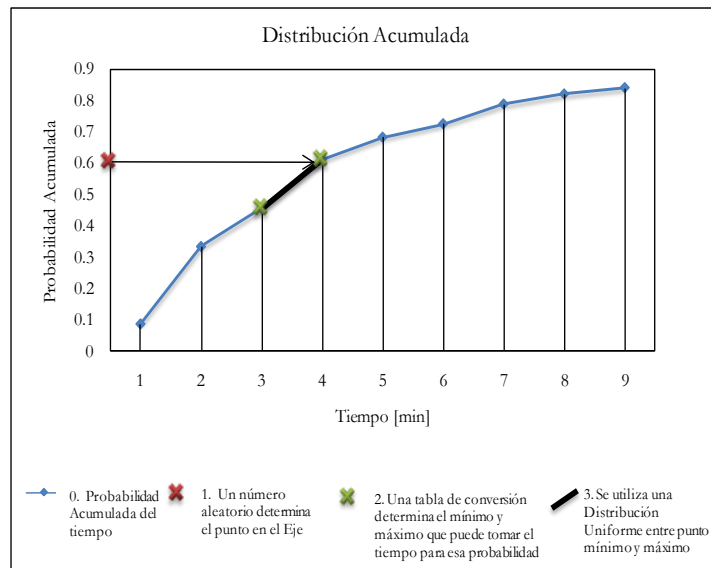
**vi. Criterio para Uso de la Mesa de Escalamiento.**

El Criterio para el uso de la mesa de escalamiento en el modelo dependerá solo del valor que toma un parámetro según una probabilidad, el valor será 1 en el caso que cumpla las condiciones y 0 en caso contrario. La probabilidad fue la estudiada en el punto de “Datos de la Operación”.

**vii. Tiempos de Diagnóstico y Solución**

Para modelar la distribución de los tiempos de diagnóstico y solución se utilizó la misma regla que para la representación de todas las distribuciones acumuladas. Se tiene una serie de puntos que representan la probabilidad de estar en un intervalo determinado, en este caso las distribuciones se acumularon en intervalos de 5 minutos. El modelo toma un punto entre 0 y 1 con una distribución aleatoria, eso determina el valor mínimo que puede tomar el tiempo y el valor máximo según una tabla fija que está basada en las distribuciones reales estudiadas. Luego entre cada par de puntos se considera una distribución uniforme que determina el tiempo. A continuación se puede ver el ejemplo de lo anterior en la ilustración 18:

**Ilustración 18: Representación de Probabilidades Acumuladas en el Modelo.**



**Costos del Tiempo Utilizado**

Para representar el costo se almacenó en un “contador” el costo en concepto de HH utilizadas en técnicos por cada hora utilizada en cada servidor.

### **viii. Representación de Tiempos Muertos**

---

#### **Tiempo Perdido en la Entrada**

La distribución que representa este tiempo en el modelo es una triangular entre 20 minutos y 2 horas con 35 minutos como más probable.

#### **Tiempo Perdido en Peticiones a Bodega**

Para modelar esta situación se utilizó una distribución triangular entre 30 minutos y 2 horas con un más probable de 45 minutos.

### **ix. Asignación Dinámica**

---

#### **Criterio de Asignación Dinámica**

**Cuando el técnico está viajando**, en este caso será reasignado cuando el tiempo de término para el evento en curso es mayor que el más estrecho de los que están esperando a ser asignados en al menos 60 minutos. Este criterio se definió en base al tiempo que demora el diagnóstico más la solución con un 80% de probabilidad.

Adicionalmente se debe cumplir lo siguiente:

La orden que está siendo atendida debe quedarle a lo menos 2 hrs. para el término

La orden más estrecha que está a la espera de ser asignada debe quedarle a lo más 1 HR para el Término.

Este se representó en base a caminos condicionales, en el modelo es posible establecer condiciones para realizar cierta acción. En este caso una vez que se cumplieran todas las condiciones antes mencionadas se “reasignaba” el técnico a la atención que estaba en cola que cumplía con las condiciones. Esta reasignación se reproduce con un servidor con el atributo de “preemptive” lo cual significa que permite sacar a un servidor de operación si se cumple una condición.

**Cuando el técnico soluciona.** Una vez que se ha realizado el diagnóstico y el técnico ha solicitado un repuesto o respaldo, debe decidir si espera el repuesto o se va a otra atención, esto también se entiende como una asignación dinámica. Aquí el criterio de esperar o no, es

ligeramente distinto. El técnico espera el repuesto o respaldo si es que el tiempo que se demora en llegar es menor a 60 minutos. Y también si es que viene de la central y tiene diagnóstico. Para representar esta condición se Utilizaron “preguntas”, en el caso que se cumplieran las condiciones para esperar el técnico entra a un servidor por el tiempo en que se demora que le llegue el repuesto, en caso contrario vuelve a ser reasignado.

### **Validación del Criterio de Asignaciones Dinámicas**

Para validar el criterio de asignación dinámica se computó las veces que cada orden es asignada dinámicamente y cuantas veces una orden obliga a otra a que se asigne dinámicamente. Con esto se pudo ver que órdenes que fueron asignadas dinámicamente no deberían obligar a otras ya que para que eso ocurra significa que se pospuso tanto una orden que llegó a ser prioritaria. Con lo que se acaba atendiendo las órdenes con muy poca holgura.

### **x. Cantidad de OS que Requieren uso de Repuesto, Respaldo o Nada.**

---

La cantidad de OS que utilizan algo para ser resueltas se representa en el modelo mediante una variable binaria que toma el valor 1 si no requiere nada (variable de nombre “nada”) y 0 en caso contrario, de la misma manera toma el valor 1 en la variable “repuesto” o “respaldo” si requiere alguno de los dos.

Si un equipo requiere repuesto y no hay (que en el modelo se representa mediante “preguntas” que toman sus valores en base a las probabilidades encontradas) entonces la variable repuesto es convertida a 0 y la variable respaldo a 1.

Lo mismo ocurre con aquellos equipos con garantía donde si una OS atiende a un equipo con garantía la variable garantía toma el valor 1 y 0 en caso contrario, todo esto según la probabilidad establecida de que un equipo que falle tenga garantía.

### **Costos asociados.**

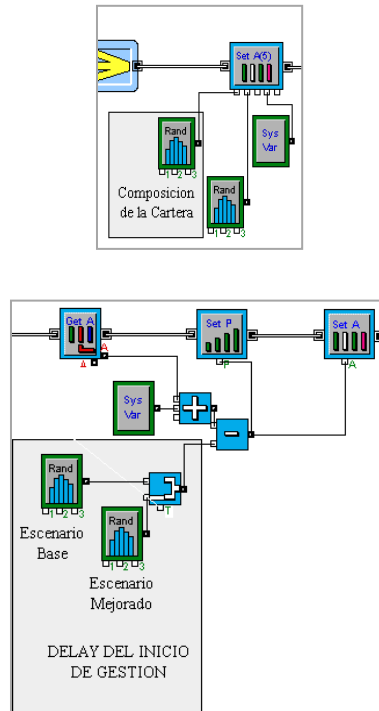
Los costos asociados a la utilización de respaldos son el equivalente a 6 Horas Hombre + el costo de dos viajes. Las 6 horas hombre representa el tiempo en laboratorio y el tiempo que usa un técnico en la devolución. Los dos viajes representa el del equipo del cliente al laboratorio y el de la devolución del mismo.

Para representar el costo se almacenó en un “contador” el costo en concepto de Repuestos y respaldos utilizadas de acuerdo a los costos promedio descritos anteriormente.

Las el valor que toma la variable en cada orden de servicio se almacena en un “parámetro” de la entidad simulada. De esa forma se puede leer y modificar el valor que tomó determinada variable.

Para establecer los parámetros existen elementos exclusivos para este efecto, donde el valor que toma la variable es de acuerdo al valor que toma la función unida al conector adecuado, de esta forma las variables podían tomar un valor en línea. Un ejemplo en la ilustración 19.

**Ilustración 19: Ejemplos de Seteo de parámetros en el modelo**



### 3. SERVIDORES

El modelo consta de servidores de atención para:

1. Realizar viajes
2. Diagnosticar en terreno
3. Solucionar en terreno
4. Esperar un repuesto.

Los servidores son configurados con una distribución en el tiempo de atención y numero de servidores.

El servidor de la realización de viajes posee la característica de la reasignación, una vez en atención, las OS podían ser sacadas del viaje y re-encoladas según el valor que tomara cierta variable. En este caso este valor dependía de tiempo de Término que le quedara a la OS, tiempo de Término que le quedara a la siguiente OS en la cola (cola es con prioridad, luego esa



OS es la más importante), tiempo de atención restante de la OS, según el tiempo estimado restante por el tipo de falla.

#### 4. COLAS

Las colas son representadas mediante elementos con diferentes atributos, fueron utilizadas las colas con prioridad y sin prioridad.

Las colas con prioridad, buscaban establecer un ordenamiento en las OS que fueran generadas y las que volvían al sistema. El valor de la prioridad se calcula como la hora de entrada al sistema más su SLA en minutos y representa la hora en la que debe ser terminada la atención, así si una OS es generada en el minuto 0 con un SLA de 2 hrs, vencerá en el minuto 120, mientras que una generada en el minuto 5 con un SLA de 4 hrs vencerá en el minuto 245, de esa forma el menor número será el que tenga mayor prioridad.

Una de las limitantes de este SOFTWARE de simulación es que algunos elementos no permiten tener una “cola” en sí mismos y es por esto que el modelo se ve con colas innecesarias antes de algunos elementos. Las colas de este tipo que no generan ni un cambio en el ordenamiento ya que no tienen prioridad y tampoco modifican las variables de costos ya que son variables establecidas durante la simulación, no son variables del sistema.

#### 5. DECISIONES

Las preguntas en el modelo pueden ser realizadas de diferentes maneras, una de ellas es con un elemento que posee 5 salidas y las variantes que se evalúan son de acuerdo a un “programa” que se escribe dentro del elemento. Con esto se pueden generar caminos del tipo condicionales, (if, else if, else).

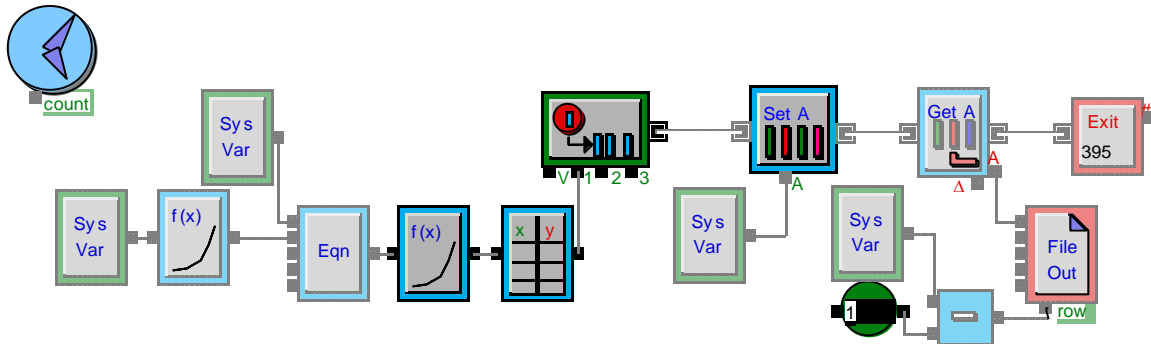
### **2.5. Realización de las corridas de prueba**

En la realización de corridas piloto se verificó que los ítems del modelo funcionaran de forma correcta y que los indicadores de calidad en el modelo se comportan de la misma forma que en la realidad.

#### 1. VALIDACIÓN DE LA GENERACIÓN DE DEMANDA

Para validar que el modelo de simulación generara las llamadas que queremos, probamos en un modelo simple, el cual se puede observar en la ilustración 20:

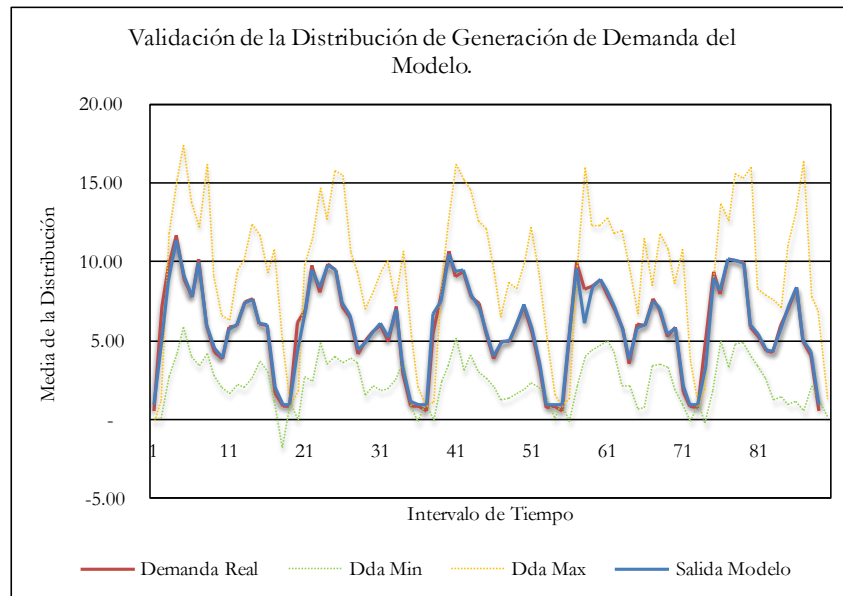
**Ilustración 20: Modelo Para Validación de la Generación de Demanda**



En este modelo simplificado se corrió una simulación con 100 semanas de duración, luego las salidas obtenidas fueron comparadas con la distribución de demanda requerida, obteniendo una diferencia en 3 de los 85 intervalos. Con la información de la generación de demanda se calibró la tasa de entrada de modo de que para cada intervalo de la semana, el promedio de llamados simulados estuviera dentro del intervalo [Promedio – Desviación estándar, Promedio + Desviación estándar] de los datos de la demanda del año 2007.

La ilustración 21 muestra la el resultado obtenido:

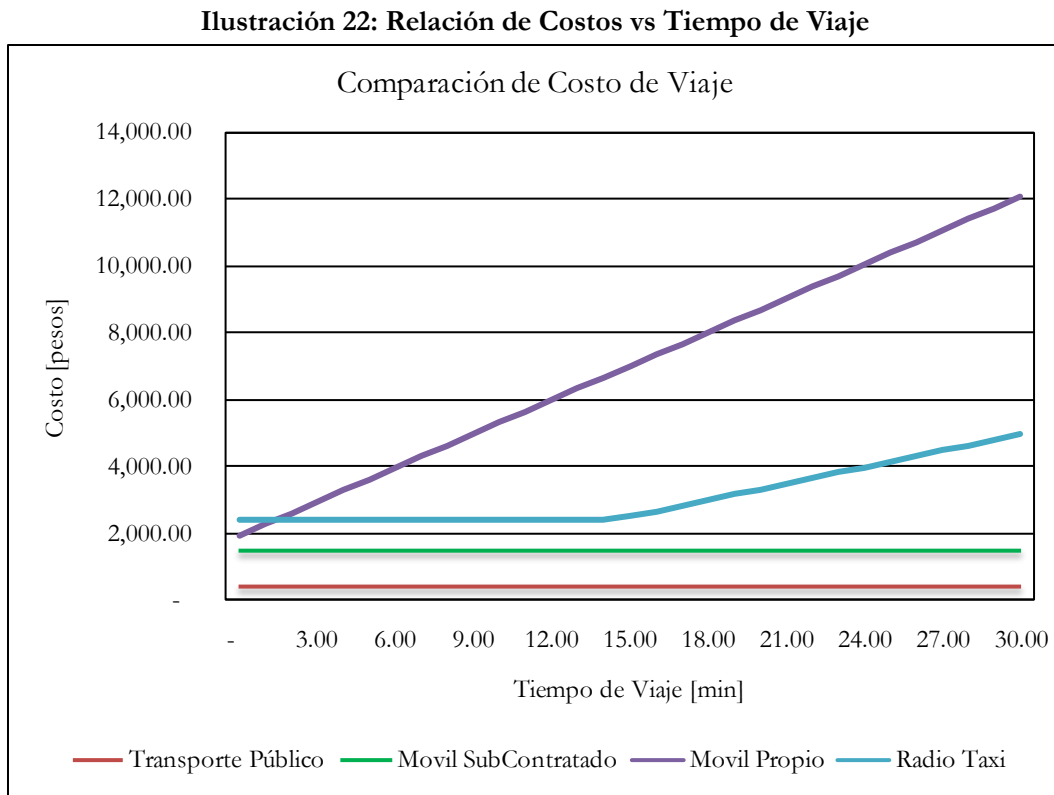
**Ilustración 21: Salida de la Distribución de Demanda**



## 2. VALIDACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE VIAJE

Para representar bien los costos en el modelo se contó, en él, cuantos viajes eran realizados diariamente por cada medio de transporte. Se obtuvo que un móvil subcontratado realiza 15 viajes en promedio diarios y un móvil 7, lo cual fue validado con quienes hacen esta área.

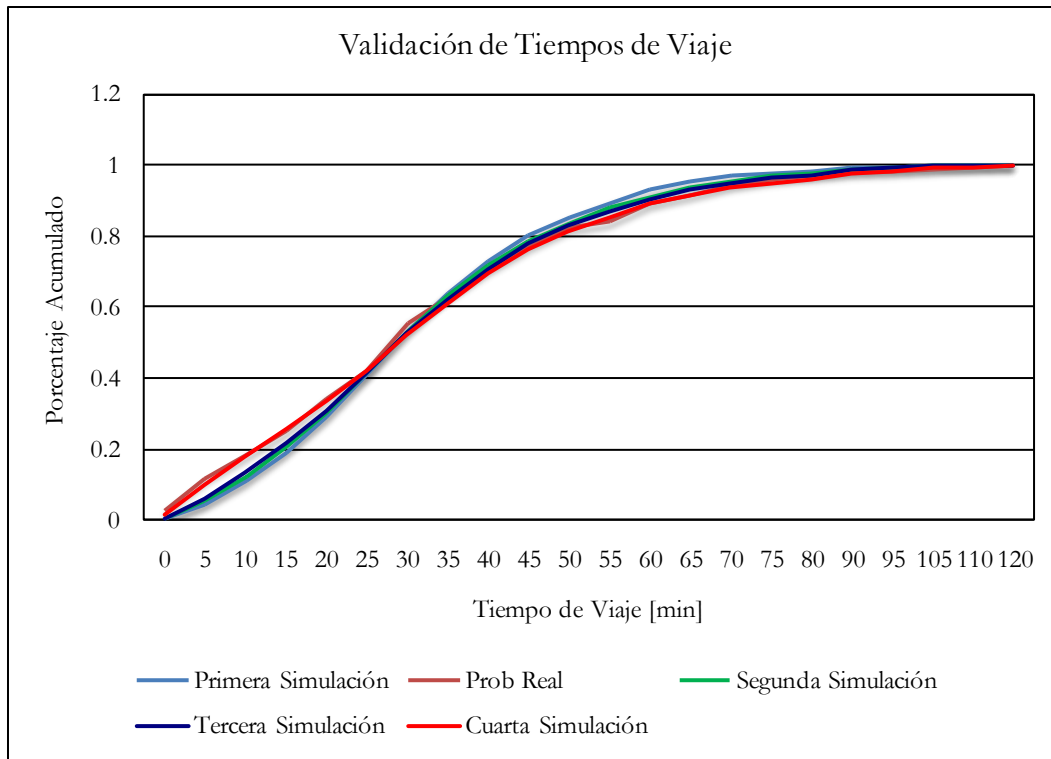
El gráfico que representa los costos de viaje en función del tiempo, justifica la prioridad utilizada en el modelo. Se ve claramente que la mejor opción es utilizar siempre móviles subcontratados. Ver ilustración 22 a continuación:



De forma similar a la validación de la demanda se validó que el sistema generase los tiempos de viaje adecuados corriendo el modelo con 100 semanas y determinado si es que la concentración de tiempos se ajustaba a la esperada.

Como muestra la ilustración 23, se obtuvo diferencias en dos partes de los tiempos.

**Ilustración 23: Salida de la Distribución de Tiempos de Viaje**



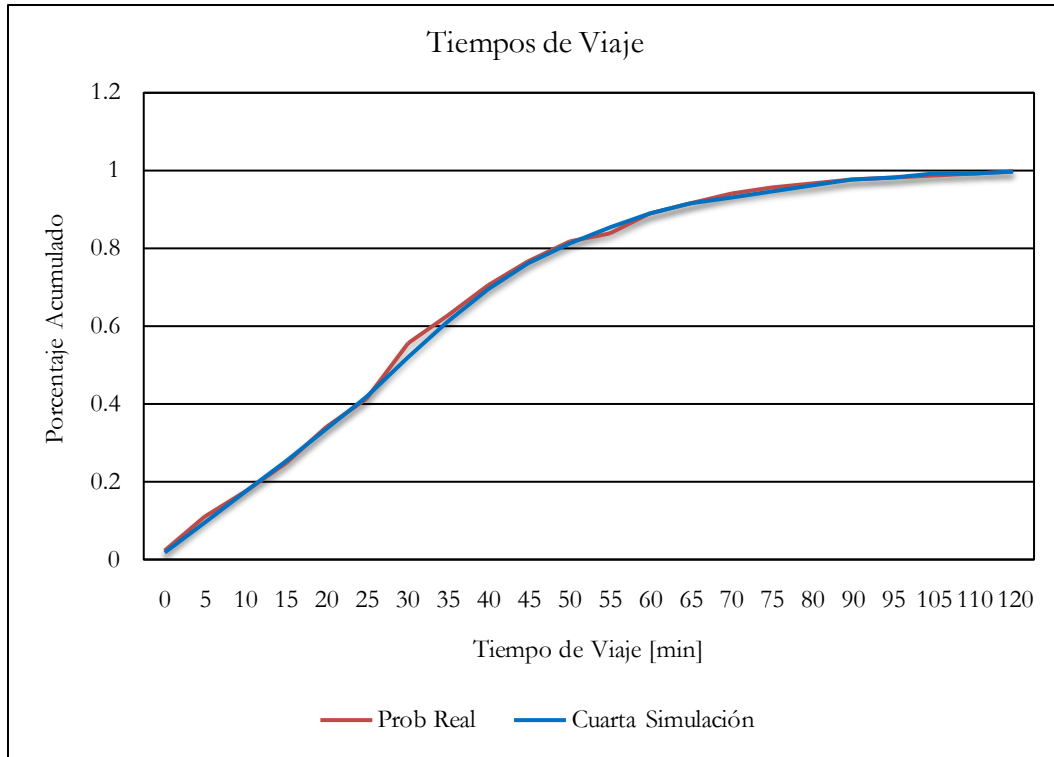
Las diferencias, fueron calibradas de modo de obtener la probabilidad buscada en el modelo de simulación. La probabilidad de entrada para obtener la antes descrita se puede observar en la tabla 13:

**Tabla 13: Probabilidad de Tiempo de Viaje del Modelo**

Probabilidad Acumulada	Tiempo Máximo de Viaje [Min]	Probabilidad Acumulada	Tiempo Máximo de Viaje [Min]
8.03%	0	81.02%	55
21.50%	5	86.08%	60
28.13%	10	88.62%	65
33.95%	15	90.35%	70
38.31%	20	92.10%	75
41.22%	25	94.08%	80
53.75%	30	95.05%	90
60.96%	35	96.44%	95
67.57%	40	97.03%	105
74.00%	45	97.61%	110
79.26%	50	100.00%	120

El resultado que se obtuvo aparece en la ilustración 24 siguiente:

Ilustración 24: Calce de la Distribución de los Tiempos de Viaje



### 3. VALIDACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DEL SERVICIO

#### **i. Tasa de Visitas por OS**

En una primera instancia el indicador de gestión utilizado en la empresa fue un 1.4. Frente a esto se pidió más exactitud dado que existe una gran diferencia entre un 1.36 y un 1.44 mientras que ambos son leídos como 1.4. En el re cálculo de este indicador quedó en evidencia cierta precariedad en la medición de los indicadores de gestión ya que la fuente de información no era única y quien quisiera calcularlo podría hacerlo de forma diferente según su criterio. Considerando lo anterior el indicador con 2 decimales fue de 1.43<sup>5</sup>.

El modelo por su parte entregó un indicador de 1.39 y considerando todo lo anterior se consideró una medida confiable y certera, aprobada por la gerencia.

A continuación en la Tabla 14 un breve resumen de los resultados obtenidos

<sup>5</sup> Medida extraída del análisis del mes de octubre

Tabla 14: Salida de Tasa de Visitas por OS

SLA	4hrs	6hrs	8hrs	Total general
Promedio de V/OS	1.39	1.39	1.39	1.39
Promedio de Costo HH	3,732.67	3,750.99	3,797.99	3,760.55
Promedio de Costo Otros <sup>6</sup>	32,379.68	32,578.93	32,434.29	32,464.30

### ii. Distribución del Cumplimiento del SLA

El valor de la métrica que considera En Terreno es de un 98%, el modelo, ponderando los cumplimientos por la distribución de la cartera de SLA es de un 97.66%, En la unidad de Soporte en Terreno no se tiene el valor de la métrica con decimales por lo que se consideró que lo obtenido es adecuado.

A continuación, en la Tabla 15, un resumen del resultado obtenido:

Tabla 15: Salida de Promedio de Cumplimiento del SLA

SLA	4hrs	6hrs	8hrs	Total general
Incumplimiento	9.73%	0.83%	0.08%	3.55%
Presencia por SLA	22.12%	17.33%	60.55%	
Incumplimiento Ponderado	0.02152	0.00143	0.00048	2.34%
Cumplimiento Ponderado				<b>97.66%</b>

### iii. Asignación Dinámica

Recordemos que existen dos tipos de asignaciones dinámicas:

- ✓ **En Transporte:** Se dice asignación dinámica en transporte cuando un técnico que tiene un destino y está viajando es interrumpido para asistir a otro cliente.
- ✓ **En Solución:** Se dice asignación dinámica en solución cuando un técnico que está atendiendo una falla, necesita un repuesto o respaldo y no lo tiene, no espera a que se lo manden sino que se dirige a otra atención y otro técnico es asignado a la atención original.

El promedio de Asignaciones dinámicas en el viaje alcanzan el 2 % del total de OS. En el modelo se obtuvo un valor de 2.29% con una desviación estándar entre salidas de un 0.23% lo cual nos permite confiar en el modelo.

Los resultados de las proporciones estudiadas se encuentran a continuación en la Tabla 16:

<sup>6</sup> Este valor incluye, costos de transporte, costo del equipamiento y el costo de respaldar.

**Tabla 16: Salida de Asignaciones Dinámicas en Solución.**

% que Decide	14.15%
Desviación de la Simulación	0.27%
% que Espera de los que Deciden	87.89%
Desviación de la Simulación	0.45%

Todas las medidas se ajustan a los datos recogidos en la operación.

## 2.6. Diseño de experimentos

Para esto se hicieron corridas de distintos largo evaluando la variabilidad de los datos obtenidos, se llegó a que el largo indicado debía ser de un año de operación y se extraerían del análisis las dos primeras semanas ya que en términos de demanda los generadores del modelo tenían errores superiores al 5% en la cantidad de OS generadas por intervalo en este tramo.

Con el largo determinado se evaluó la cantidad de simulaciones observando la desviación estándar obtenida entre simulaciones. El error se calculó con una distribución T-Student, con 30 simulaciones el dato obtenido tenía un error del 2%.

## 2.7. Realización de las corridas definitivas

Durante las corridas definitivas se realizaron presentaciones de los resultados obtenidos a modo de explicar eventos en la realidad.

Una vez presentados los resultados de las corridas, la dirección de la empresa comenzó a entender el modelo como lo que realmente es, un laboratorio de pruebas, sin embargo para tomar decisiones se quiso incorporar nuevas variables nunca antes mencionadas en el levantamiento de los objetivos, ni en el levantamiento de la información. Se expuso por los representantes de la empresa que las fallas pueden ser distintas, ya que requieren de capacidades diferentes para ser resueltas. Cuando una empresa es de retail, de la banca o una minera el tipo de conocimiento que debe tener el técnico para resolver las fallas es bastante distinto y guarda estrecha relación con los protocolos de las empresas a las que se ingresa. Así mismo centralizar la operación y ver a los técnicos como un recurso homogéneo no era realista.

Como esto es una situación hipotética, ya que no hay datos que la confirmen, se hizo una distribución hipotética la cual estaría calzada con la proporción de técnicos capacitados de modo de que los resultados fueran comparables con los obtenidos sin esta distinción y el

resultado se vería afectado solo por el efecto de las Habilidades. La distribución utilizada para diferenciar la demanda en tres tipos  $\{0, 1, 2\}$ , fue de un 20% para el tipo 0, 30 % para el tipo 1 y 50% para el tipo 2. Esto fue representado en el modelo fijando un nuevo atributo de la OS llamado “SkillOrden” que es el tipo de demanda, este atributo toma un valor  $\{0, 1, 2\}$  dependiendo de la probabilidad con que haya sido cargado el módulo, en este caso 20%, 30% y 50% respectivamente.

Por su parte para hacer el calce con los técnicos capacitados para resolver estas fallas se separó a los técnicos disponibles por turnos en tres categorías, el 20% de los técnicos del turno 1 tendrían capacidades para atender las fallas tipo 0, el 30% las tipo 1 y el 50% las tipo 2, lo mismo que para el turno 2, esto quiere decir que la cantidad de técnicos disponibles por turno se consideró como lo muestra la tabla 17:

**Tabla 17: Cantidad de Técnicos Disponibles**

<b>Categoría</b>	<b>Turno 9:30 – 18:00</b>	<b>Turno 10:00 – 19:20</b>
<b>Sin Categorías (análisis Inicial)</b>	25	3
<b>Categoría 0</b>	5	1
<b>Categoría 1</b>	8	1
<b>Categoría 2</b>	12	1

En el modelo estos tipos de técnicos son representados mediante “puerta a la entrada” distintas, cada una con una cola con prioridad, donde las puertas limitan según la cantidad de técnicos que existe para resolver cada uno de los tipos de demanda.

Cabe mencionar que producto del momento en el que se presentó este requerimiento el objetivo de realizar este cambio fue solo verificar que es distinto tener demandas homogéneas a tenerlas no homogéneas. Sin embargo no se rediseñó el modelo en términos de costo, es decir no se hizo que el costo de la HH técnico dependiera de la característica del técnico. Esto debería ser una de las mejoras que se puede hacer en forma posterior al modelo dado que lo realmente interesante en este caso es optimizar de acuerdo a la distribución de la demanda en la calidad de los técnicos e incluso fijar una cota en la que puede ser mejor, contratar personal con bajas habilidades y capacitarlos, según el gap de presupuesto que se tenga.

El análisis de esta variación se encuentra como parte del análisis de las salidas del presente informe



## 2.8. Análisis de las salidas

### 1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

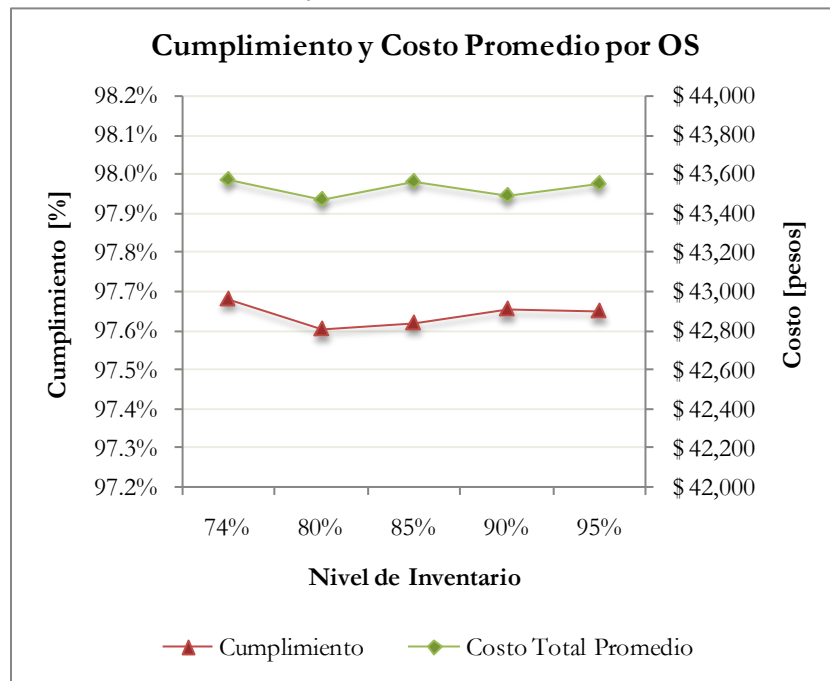
#### i. Nivel de Inventario

Para evaluar la sensibilidad de las métricas de calidad ante los cambios en el nivel de inventario se realizaron 30 corridas de 50 semanas de largo en las cuales el nivel de inventario se modificó desde la situación base (74.51%) hasta un 95%.

#### Análisis del Porcentaje de Cumplimiento del SLA y Costo Promedio.

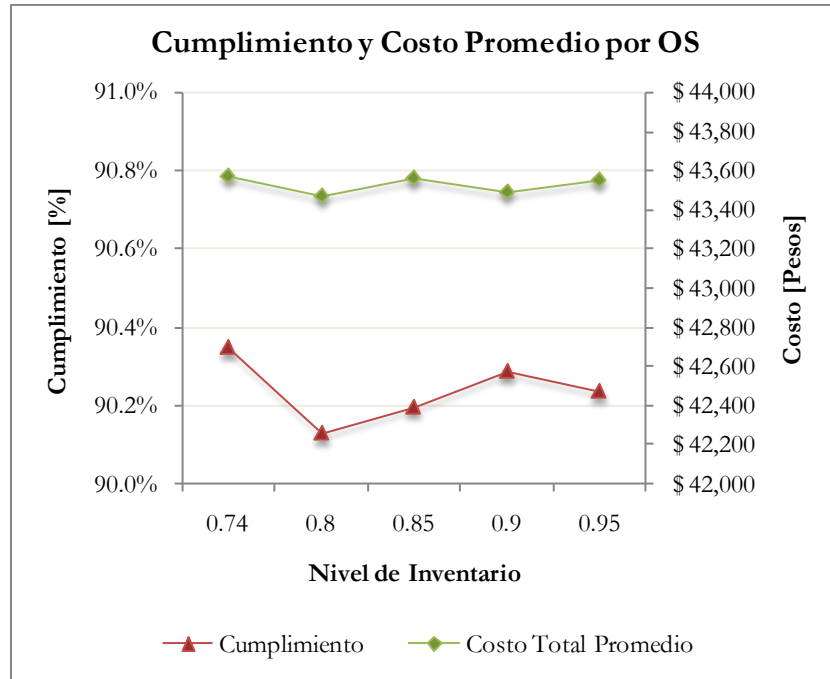
Los resultados obtenidos se pueden ver en la ilustración 25 y son los siguientes.

**Ilustración 25: Cumplimiento y costo promedio por OS cr a Nivel de Inventario**



El mismo efecto solo para aquellas órdenes con SLA de 4 horas se encuentra en la ilustración 26 y es el siguiente:

**Ilustración 26: Cumplimiento y costo promedio por OS con SLA de 4 hrs cr a Nivel de Inventario**



### Conclusiones

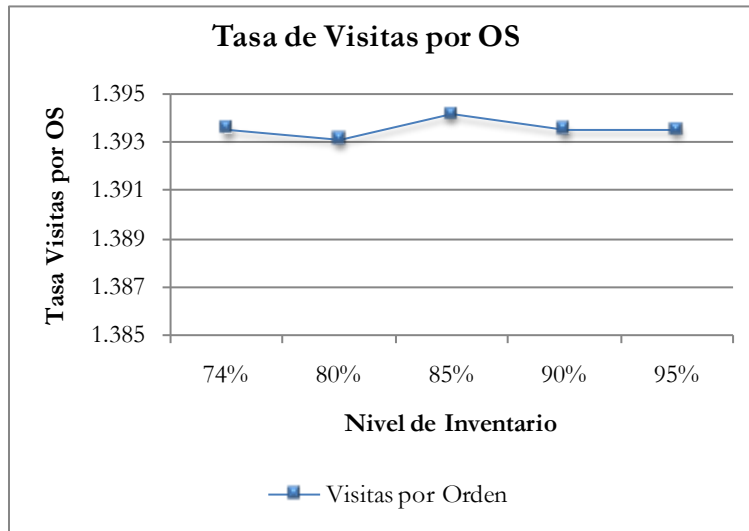
Se puede observar que el impacto que tiene el nivel de inventario sobre el costo promedio por OS y el nivel de cumplimiento es insignificante. Una de las explicaciones es que solo el 40% de las OS utilizan repuesto o respaldo, así mismo el cambio en el nivel de inventario de un 74% a un 95% es de un aumento del 21% con lo que el rigor estamos impactando al 8% de la OS, haciendo un incremento en el costo y en los tiempos de solución – recordemos que resolver una falla con respaldo reduce en un 60% el tiempo de solución - lo que no alcanzan a generar impacto en los resultados.

Adicionalmente si bien el costo promedio por OS no muestra variación, hay que recordar que este análisis de costos no incluye la operación de laboratorio, el personal encargado de devolución y retiro de equipo de respaldos, ni los costos de mantención de inventario; factores que podrían tener un impacto significativo en el costo total promedio.

### Análisis Tasa de Visitas por OS

A continuación, en la ilustración 27, se puede ver los resultados obtenidos de analizar la tasa de visitas por OS.

Ilustración 27: Visitas por OS cr a Nivel de Inventario



### Conclusiones

Con respecto a las visitas por orden de servicio, se ve en la ilustración 27, que no existe una variación que tenga que ver con el nivel de inventario. Los siguientes análisis de sensibilidad, al igual que este, no muestran grandes cambios en esta métrica de calidad. Esto se debe a que su cálculo tiene una incidencia importante con respecto a las garantías, al hecho de que los técnicos salen con repuesto o respaldo el 90% de las veces, y a la calidad y cantidad de los diagnósticos. La incidencia que tienen estos factores es mucho más importante que la incidencia de los parámetros que se han evaluado, es por eso que en el trabajo no se sacan conclusiones con respecto a esta medida.

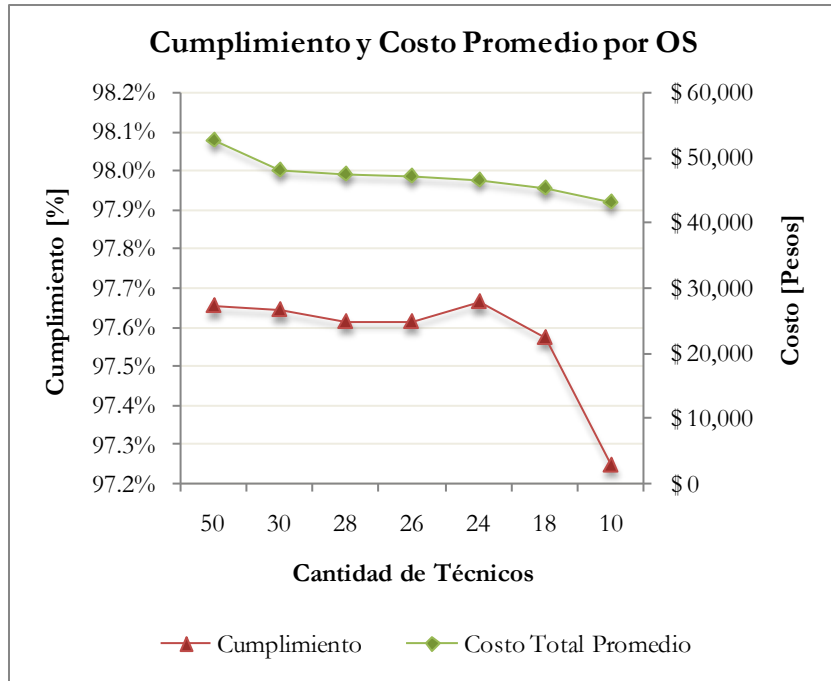
### **ii. N° de Técnicos Disponibles**

Para evaluar la sensibilidad de las métricas de calidad ante los cambios en el número de técnicos disponibles se realizaron 30 corridas de 50 semanas de largo en las cuales el número de técnicos disponibles se varió entre 50 y 10. Los resultados Obtenidos son los siguientes.

#### Análisis del Porcentaje de Cumplimiento del SLA y Costo Promedio.

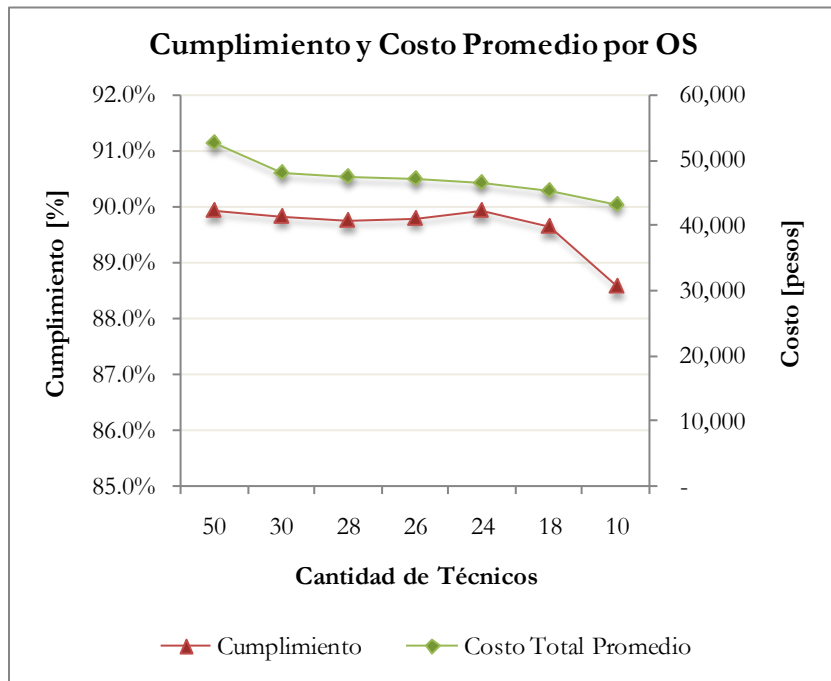
A continuación, en la ilustración 28, se puede ver los resultados obtenidos de analizar el cumplimiento del SLA y el costo promedio por OS con respecto a la cantidad de técnicos disponibles.

Ilustración 28: Cumplimiento y costo promedio por OS cr a Disponibilidad de Técnicos



El mismo efecto solo para aquellas órdenes con SLA de 4 horas en la ilustración 29:

Ilustración 29: Cumplimiento y costo promedio por OS con SLA 4 hrs cr a Disponibilidad de Técnicos



Conclusiones

El sistema actual cuenta con 28 técnicos, la ilustración 27 sugiere que con 4 técnicos menos el nivel de cumplimiento del SLA sería el mismo. Esto nos muestra que el sistema no está en su máxima capacidad y aun hay capacidad de crecimiento en demanda. Sin embargo la ilustración 28 nos muestra el nivel de cumplimiento del SLA de las órdenes de 4 hrs está en el 90%, se puede inferir que el sistema se encuentra colapsado para las ordenes de 4 hrs de SLA.

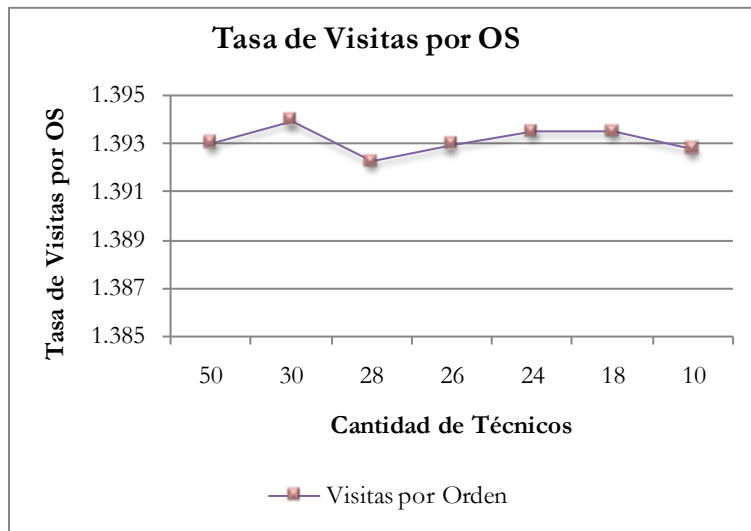
Lo anterior sugiere que si bien hay capacidad ociosa de técnicos, existen otras fuentes de retrasos que hacen que la operación no logre cumplir con el SLA de las OS de 4 hrs.

Con respecto al costo promedio por OS, se puede ver que baja de forma importante alcanzando un ahorro de 2,300 pesos por Orden en promedio si es que se cambia de la situación actual (28 técnicos) a 18 técnicos, considerando que el nivel de cumplimiento se mantiene.

Análisis Tasa de Visitas por OS

A continuación, en la ilustración 30, se puede ver los resultados obtenidos de analizar la tasa de visitas por OS

**Ilustración 30: Tasa de Visita por OS cr a Disponibilidad de Técnicos**



Conclusiones

Al igual que en el anterior análisis del número de visitas por OS, se puede ver que no hay incidencia real para este parámetro.

**iii. Retraso al Inicio**

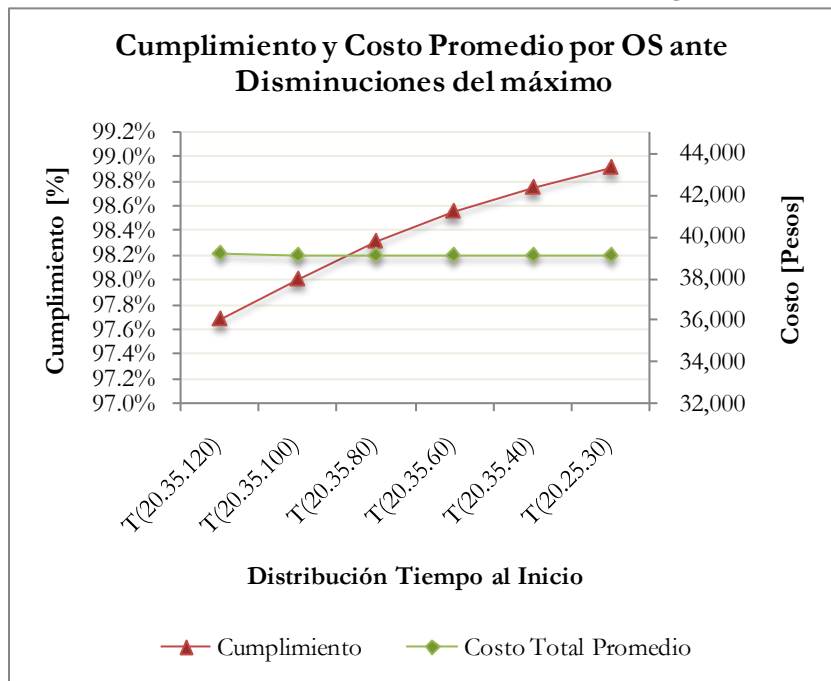
Para evaluar la sensibilidad de las métricas de calidad ante los cambios en la distribución utilizada para los Retraso al inicio de la gestión, se realizaron 30 corridas de 50 semanas de largo en las cuales se jugó con la distribución triangular modificando el valor más probable y el máximo.

Análisis del Porcentaje de Cumplimiento del SLA y Costo Promedio.

El eje horizontal de los gráficos representa los parámetros de la distribución triangular utilizada de la siguiente forma (Tiempo Mínimo. Tiempo más Probable. Tiempo Máximo), todos expresados en minutos.

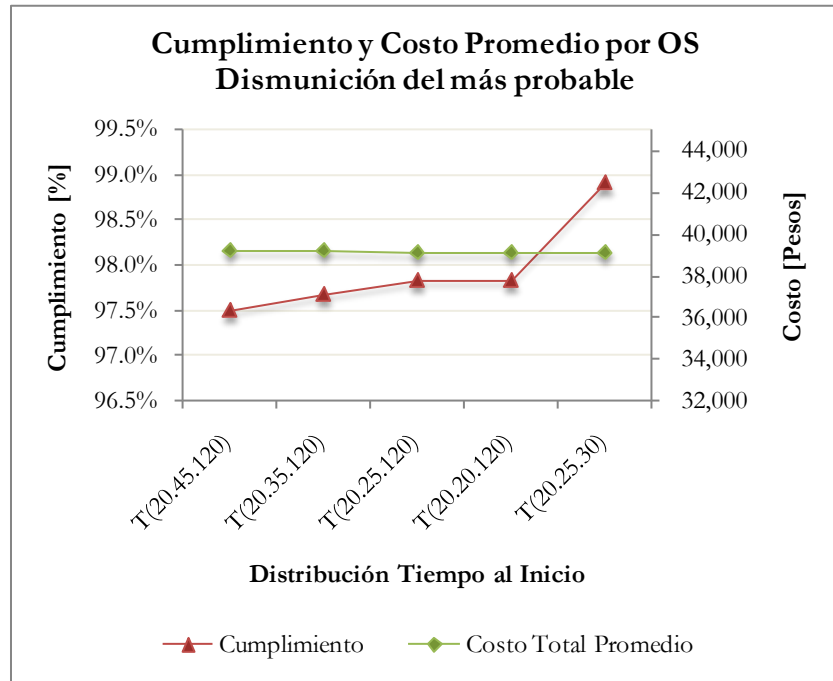
Los resultados obtenidos se detallan en la ilustración 31 y son los siguientes.

**Ilustración 31: Cumplimiento y costo promedio ante cambios en la Distribución de los Retraso al Inicio en el máximo de la distribución triangular.**



A continuación en la ilustración 32 se puede ver el mismo efecto en las Órdenes con SLA de 4 hrs.

**Ilustración 32: Cumplimiento y costo promedio ante cambios en la Distribución de los Retraso al Inicio en el más probable de la distribución triangular.**

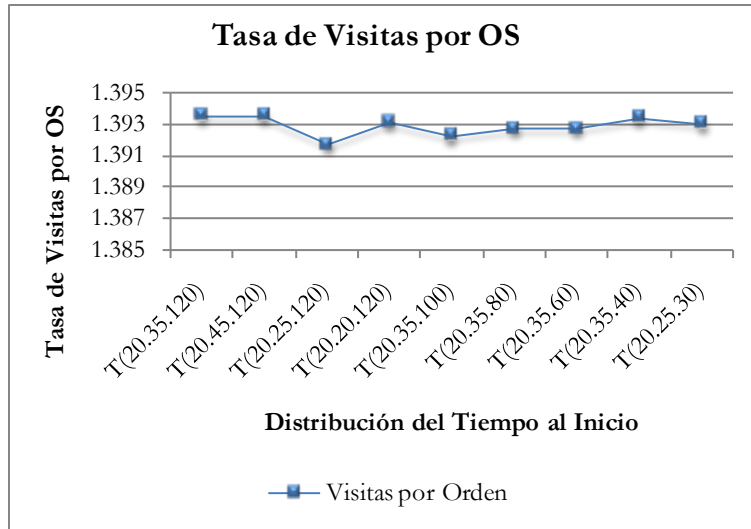


Conclusiones

El nivel de cumplimiento mejora considerablemente cuando disminuye el tiempo máximo de retraso, y más mesuradamente cuando se disminuye el más probable. Esto quiere decir que el efecto que produce disminuir la variabilidad del tiempo que puede tardar una persona en hacer gestión sobre la OS es importante.

Análisis Tasa de Visitas por OS

A continuación, en la ilustración 33, se puede ver los resultados obtenidos de analizar la tasa de visitas por OS

**Ilustración 33: Tasa de Visitas por OS cr a la Distribución de los Retraso al Inicio**

### Conclusiones

Al igual que en los análisis anteriores de los parámetros sobre la tasa de visitas por OS es insignificante.

### **iv. Retraso en Gestión de Bodega**

De la misma forma que el punto anterior, para evaluar la sensibilidad de las métricas de calidad ante los cambios en la distribución utilizada para los retrasos de la gestión de bodega, se realizaron 30 corridas de 50 semanas de largo en las cuales se jugó con la distribución triangular modificando el valor más probable y el máximo.

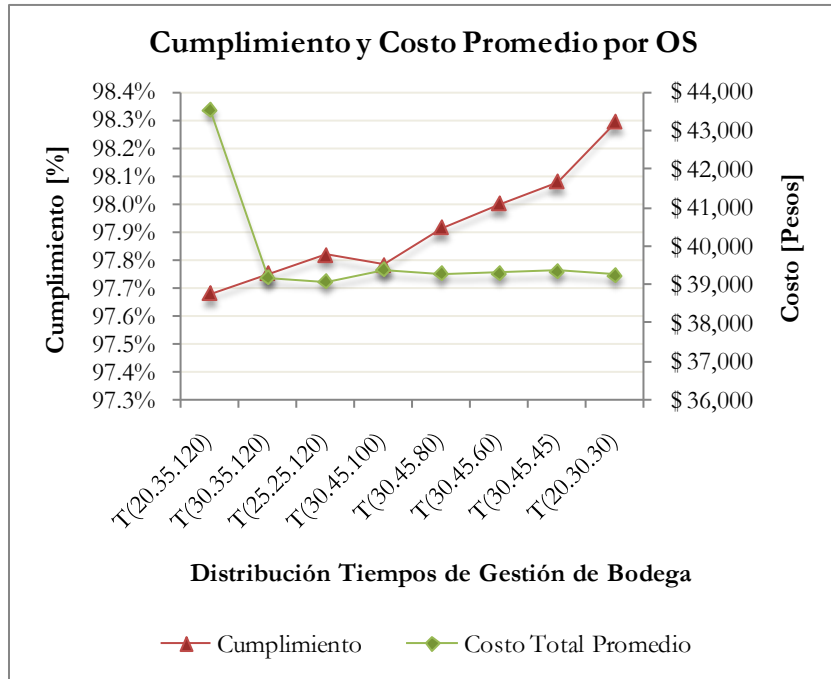
### Análisis del Porcentaje de Cumplimiento del SLA y Costo Promedio.

El eje horizontal de los gráficos representa los parámetros de la distribución triangular utilizada de la siguiente forma (Tiempo Mínimo. Tiempo más Probable. Tiempo Máximo), todos expresados en minutos.

Los resultados obtenidos se muestran en la ilustración 34.

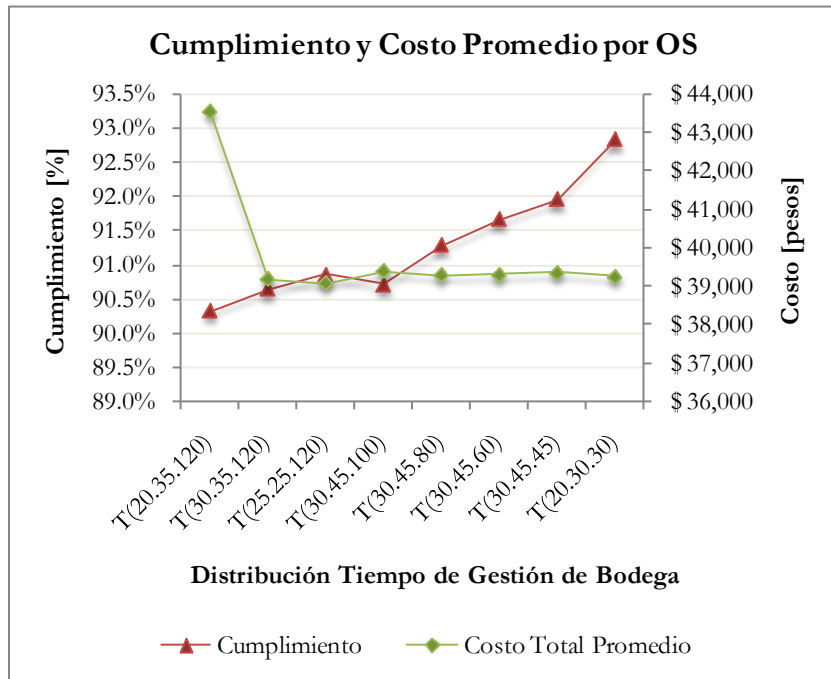


**Ilustración 34: Cumplimiento y costo promedio cr a la Distribución de los Retrasos en Gestión de Bodega**



Para las OS con SLA de 4 hrs. el resultado se encuentra en la ilustración 35:

**Ilustración 35: Cumplimiento y costo promedio cr a la Distribución de los Retrasos en Gestión de Bodega para Os de SLA 4 hrs**



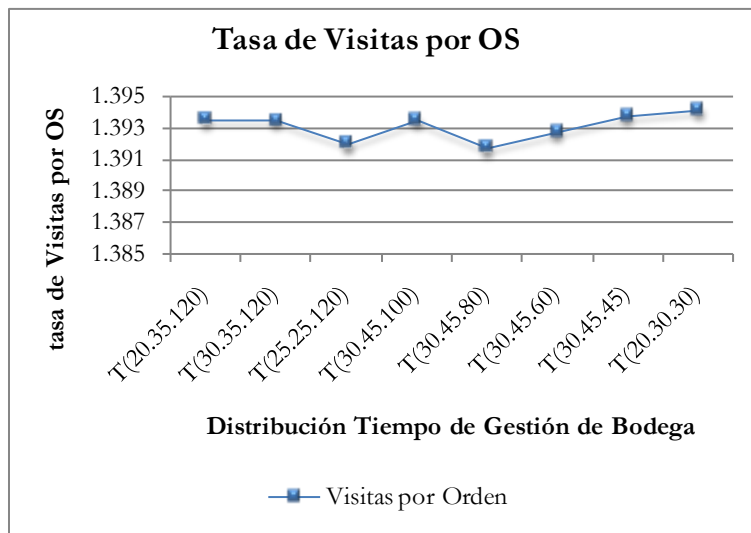
Conclusiones

El nivel de cumplimiento mejora considerablemente cuando disminuye el tiempo máximo de Retraso, y más mesuradamente cuando se disminuye el más probable. Esto quiere decir que el efecto que produce disminuir la variabilidad del tiempo que puede tardar una persona en solicitar los repuestos de bodega es importante.

Análisis Tasa de Visitas por OS

A continuación, en la ilustración 36, se puede ver los resultados obtenidos de analizar la tasa de visitas por OS

**Ilustración 36: Tasa de Visitas por OS cr a la Distribución de los Retraso en Gestión de Bodega**



Conclusiones

Al igual que en los análisis anteriores de los parámetros sobre la tasa de visitas por OS es insignificante.

2. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

En esta parte se definieron dos escenarios, el actual de Soporte En Terreno y uno “mejorado”, que incorpora cambios posibles de obtener en parámetros que son endógenos.

- a. Escenario base, situación que representa la operación de Soporte En Terreno hoy:
  - Distribución Triangular del Retraso al Inicio (20, 35, 120)
  - Distribución Triangular del Retraso en la Gestión de Bodega (30, 45, 120)
- b. Escenario Mejorado:

Distribución Triangular del Retraso al Inicio (15, 20, 30)

Distribución Triangular del Retraso en la Gestión de Bodega (25, 30, 45)

### i. Relevancia de la Jornada de Trabajo de los Técnicos

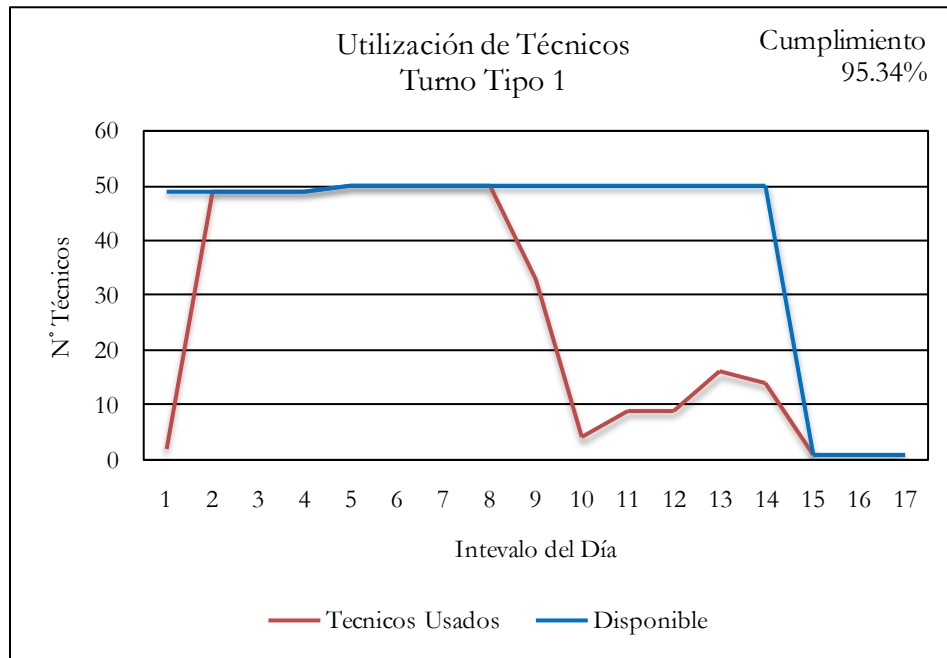
En el siguiente análisis que se identificó la relevancia de los turnos en la operación. A continuación vemos la diferencia de los resultados para la demanda actual ponderada por 3, 100% de OS de 4 hrs, 50 técnicos con los siguientes turnos:

Tipo 1:

- 49 Técnicos de 8:20 hrs. a 17:00 hrs
- 1 Técnico de 11:00 hrs. a 19:40 hrs

Donde la Forma de utilización de los técnicos durante el día y el nivel de cumplimiento se encuentran graficados en la ilustración 37:

**Ilustración 37: Utilización de Técnicos en turno tipo 1 vs Intervalo del día**

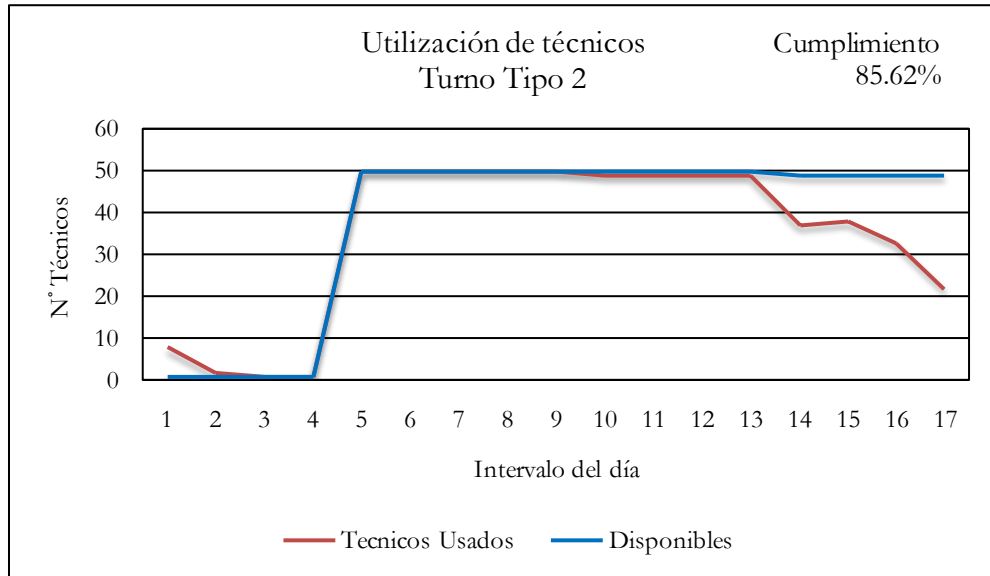


Tipo 2:

- 1 Técnico de 8:20 hrs. a 17:00 hrs
- 49 Técnicos de 11:00 hrs. a 19:40 hrs.

Donde la forma de utilización de los técnicos durante el día y el nivel de cumplimiento se encuentran en la ilustración 38.

**Ilustración 38: Utilización de Técnicos en turno tipo 2 vs Intervalo del día**



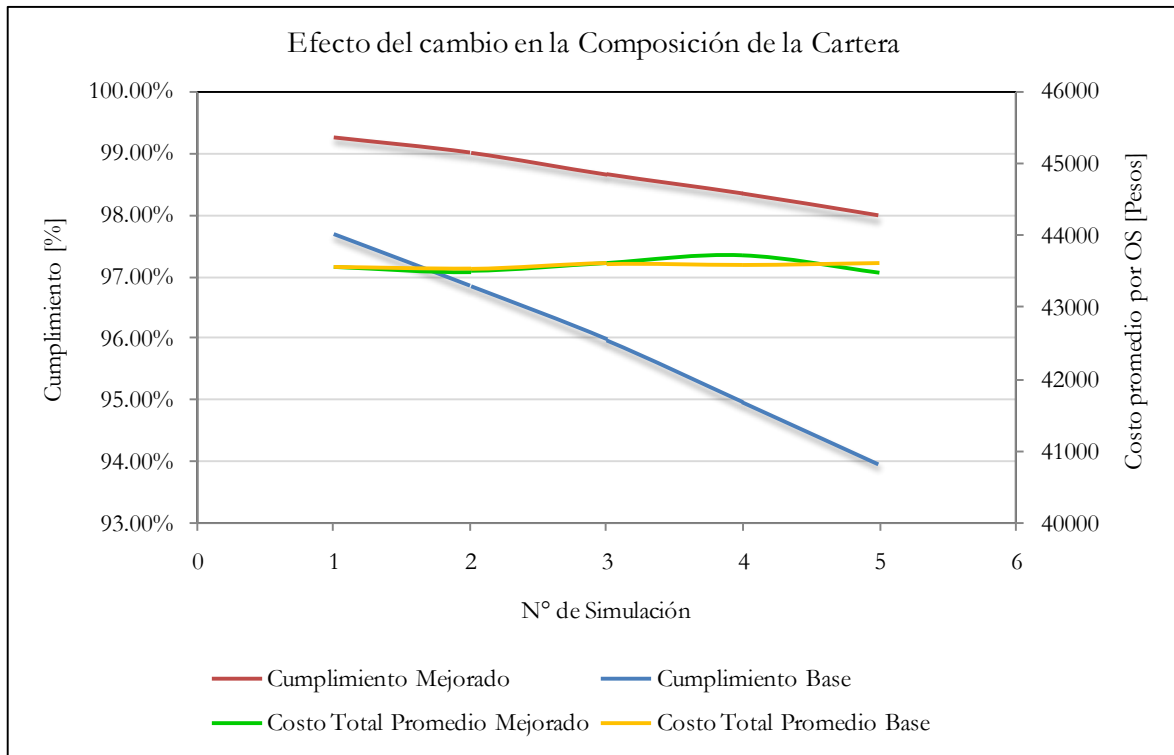
Este análisis muestra la sensibilidad que tiene el sistema a los turnos de los técnicos y demuestra que cuando el sistema parte con todos los técnicos disponibles utilizados, es imposible que se normalice, teniendo un alto índice de incumplimiento.

Sin embargo la operación tiene ineficiencias más grandes cuando tiene un tipo de turno como el primero. Esto sugiere que los turnos deben ser acomodados para cubrir el tiempo ocioso. La forma más directa y sencilla de hacerlo es que se usen las horas ociosas para devoluciones, mantenciones preventivas o alguna labor que pueda ser programable con el cliente. En caso de que no exista esta opción podrían asignar este tiempo a capacitación, evaluación de desempeño, etc.

## ii. Movimientos de Cartera

A continuación la ilustración 39 muestra el análisis que resulta de modificar los porcentajes de órdenes de servicio que tienen 4 hrs de SLA.

**Ilustración 39: Efecto del cambio en la Cartera sobre Cumplimiento del SLA**



Donde

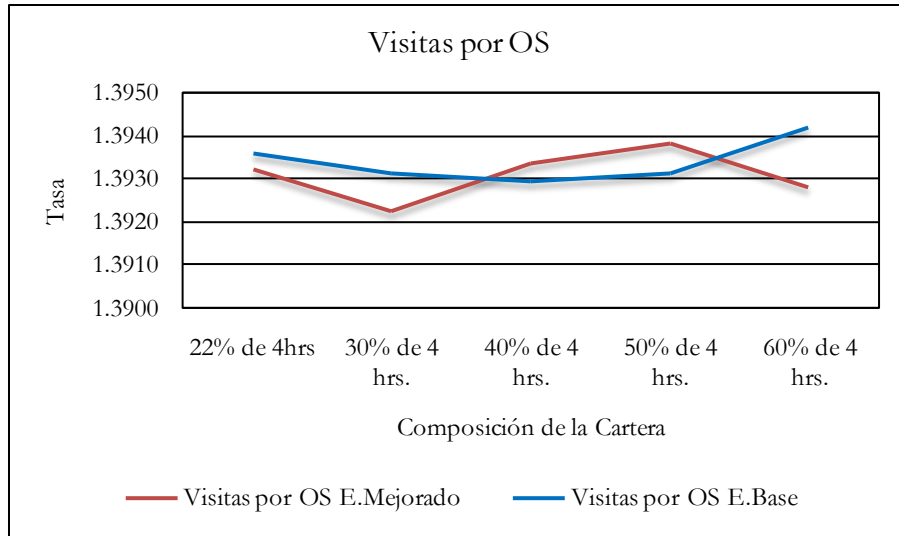
N° Simulación	Composición de la Cartera
1	22% de 4hrs
2	30% de 4 hrs.
3	40% de 4 hrs.
4	50% de 4 hrs.
5	60% de 4 hrs.

Como se puede apreciar el movimiento de cartera afecta de peor forma al escenario base, donde el sistema es menos eficiente.

Por otro lado los costos promedio por OS se mantienen en un nivel constante.

La ilustración 40 muestra que al igual que en los otros análisis, el número de visitas por orden de servicio no evidencia tendencias.

**Ilustración 40: Ilustración 30: Efecto del cambio en la Cartera sobre las Visitas por OS**

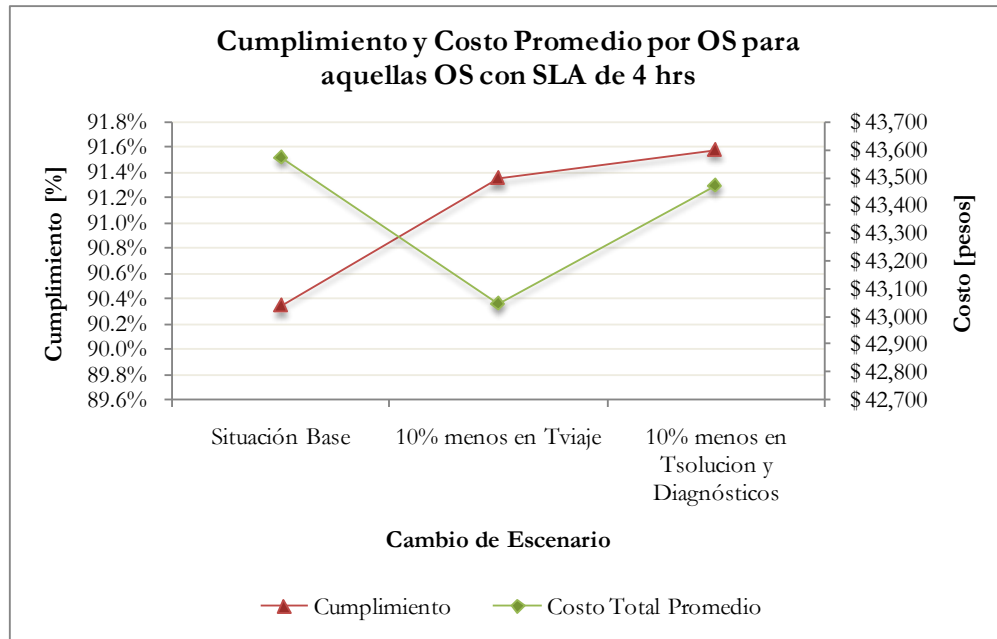


**iii. Disminución en Tiempos de Viaje, de Solución y Diagnóstico en un 10%**

Se quiso ver cuál era el efecto que produce la disminución en un 10% en el promedio de los tiempos de viaje, solución y diagnóstico.

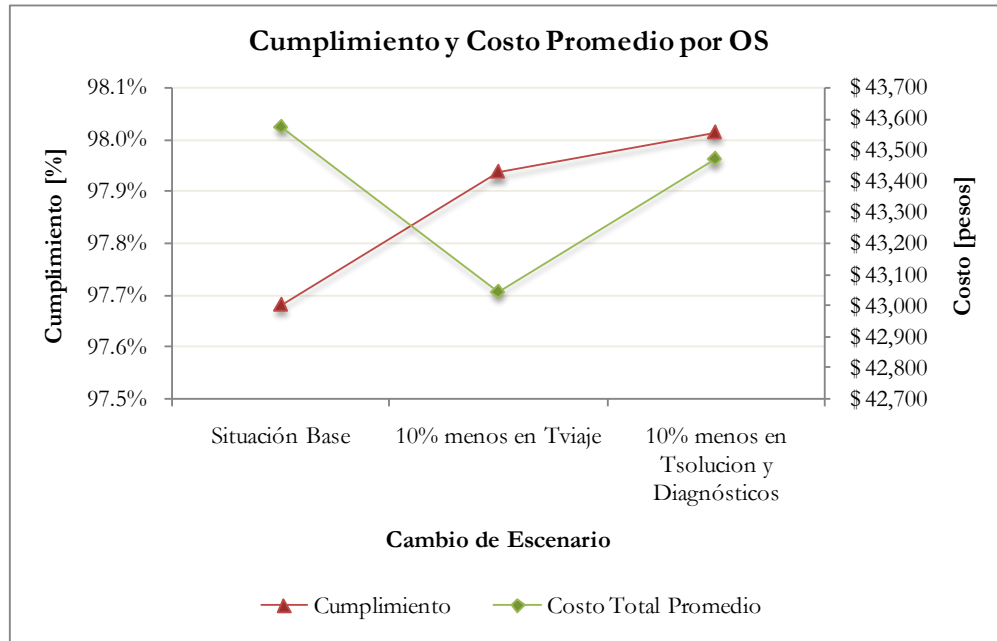
A continuación los resultados del análisis en la ilustración 41:

**Ilustración 41: Efecto sobre cumplimiento y costo promedio para Os con SLA de 4 hrs de Disminuciones en Tiempos de Viaje, Solución y Diagnóstico**



Se observa un aumento de 1.5 puntos en el cumplimiento para las OS de 4 hrs cuando bajamos los tiempos de viaje e igual impacto cuando disminuimos los de solución. Un efecto similar pero suavizado se ve en el global de las atenciones, en la ilustración 42:

**Ilustración 42: Efecto sobre cumplimiento y costo promedio para Os de Disminuciones en Tiempos de Viaje, Solución y Diagnóstico**

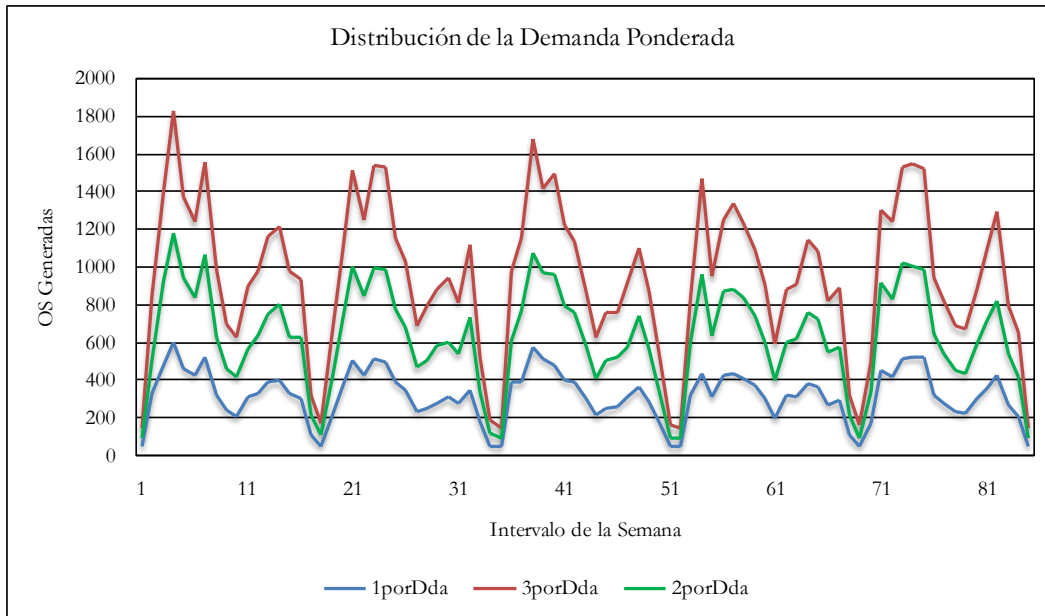


Para esto de debe tener en consideración que producto de que no se tiene la ubicación de los clientes no se pueden evaluar de forma detallada los tiempos de viaje ni la optimización de rutas. Esto implica que esta información sería muy valiosa para mejorar la operación una vez que los tiempos muertos hayan sido controlados.

**iv. Economías de Escala**

Para realizar este análisis se realizaron 30 corridas de 50 semanas buscando la combinación de técnicos que hacía que el cumplimiento fuera de un 95% para distintas ponderaciones de demanda. El objetivo de este análisis es determinar si es que con la operación actual existen economías decrecientes de escala, es decir si es que un aumento de un x% en la demanda obliga a la contratación adicional de un porcentaje más bajo que x% de técnicos.

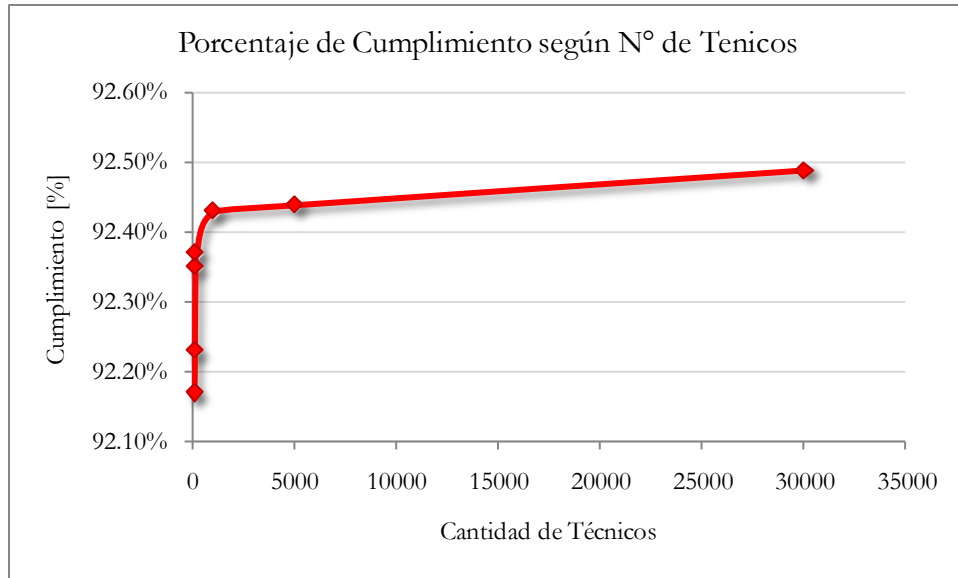
En la ilustración 43 se puede ver el resultado de incrementar la demanda por 2 y por 3:

**Ilustración 43: Distribución de la Demanda Ponderada**

El análisis se realizó para los dos escenarios antes descritos, obteniendo los siguientes resultados.

La ilustración 44 presenta la cantidad de técnicos necesarios para el nivel de cumplimiento descrito para la mitad de demanda del escenario base. Esto dice que aunque se utilicen 30.000 técnicos el nivel de cumplimiento de las OS con SLA de 4 horas no superará el 93% producto de que los tiempos muertos obligan a una orden a retrasarse, sin importar cuál es su SLA.

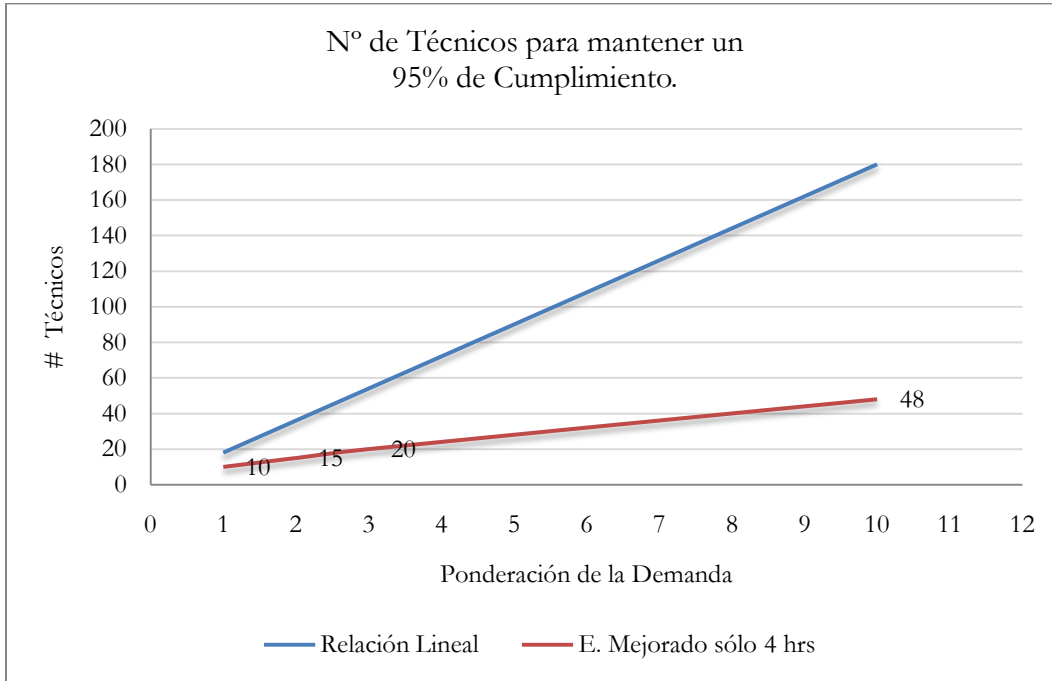


**Ilustración 44: Nivel de Cumplimiento del SLA vs Cantidad de Técnicos**

Para el escenario base, la operación actual de Soporte En Terreno, no se encontró una cantidad de técnicos que obtuviera un 95% de cumplimiento para las OS de 4 hrs., esto se debe a que la distribución de los tiempos muertos hace que la probabilidad de no cumplir una orden ya sea superior al 5% para las OS de 4 hrs. Los retrasos tienen distribuciones triangulares con un máximo de 2 horas cada una, por consiguiente existe la probabilidad que ambos tengan su máximo de retraso, esto significa que existe la probabilidad de que el retraso de una orden sea de 4 hrs. dado que la probabilidad es uniforme sobre el total de OS. Esto es equiprobable para todas las OS.

A continuación se evaluó el mismo resultado con el escenario mejorado obteniendo los resultados que aparecen en la ilustración 45.

**Ilustración 45: N° de Técnicos para Mantener 95% de Cumplimiento del SLA**



Para el escenario mejorado la situación es favorable. Excluyendo el efecto de los tiempos muertos, se puede ver que la operación si tiene una relación de demanda versus cantidad de Técnicos es de 2:1, lineal. Esto quiere decir que mejorando la operación<sup>7</sup>, haciendola más eficiente, es posible incrementar la demanda en un 100% con un 50% más de técnicos, cumpliendo con el 95% de las ordenes dentro del SLA.

Con este análisis se puede ver el impacto que tiene los tiempos muertos en el servicio, y cómo la disminución de los tiempos muertos a intervalos razonables, permite crecer en demanda y complejizar la cartera con muy buenos niveles de cumplimiento. Con la reducción los tiempos muertos, la operación se hace sin duda más eficiente y permite mejorar el escenario actual.

Se puede concluir que la operación no presenta economías decrecientes de escala. Por otro lado, como fue postulado al inicio de este trabajo las opciones para generar economías de escala no pueden ser completamente evaluadas dado el desconocimiento de las ubicaciones de los clientes o los puntos de demanda y las variables del tiempo de viaje asociados a estos puntos.

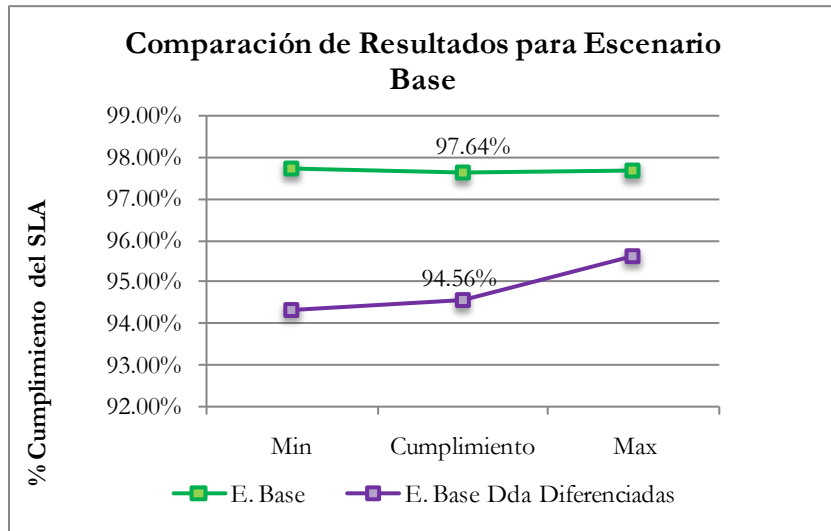
<sup>7</sup> En este caso mejorar la operación es reducir los tiempos muertos

**v. Análisis de la dependencia del tipo de demanda y habilidades de los técnicos**

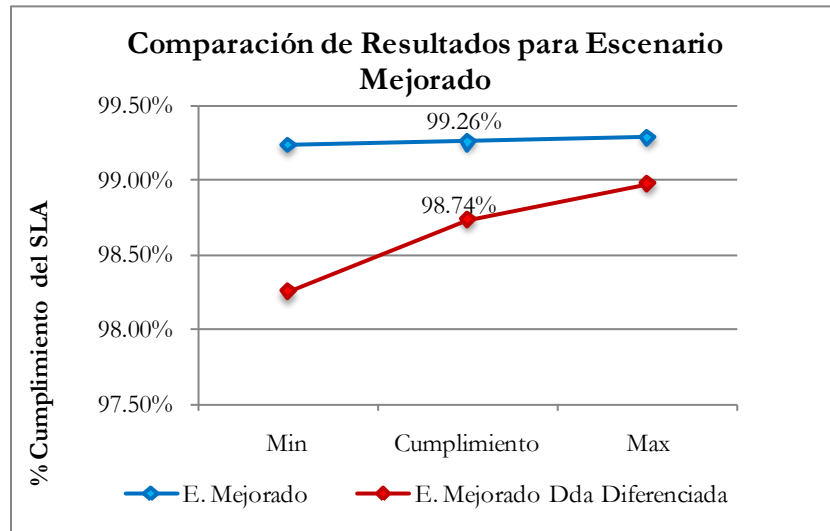
Una vez concluido y presentado el análisis del trabajo para el alcance inicial, se solicitó realizar un análisis de sensibilidad agregando que la demanda era de 3 categorías distintas y que estas categorías podían ser reparadas por técnicos con capacidades específicas, así se agregaron estas variables en el modelo y se realizaron 30 corridas de 50 semanas de largo en las cuales se realizó el mismo análisis que para la situación base y la mejorada haciendo la distinción por los tipos de demanda.

A continuación los resultados del análisis descrito en la ilustración 46 y 47, las cuales muestran la comparación con y sin demandas diferenciadas de los escenarios base y mejorado respectivamente.

**Ilustración 46: Comparación de Resultados del Escenario Base contra la Diferenciación de Demandas**



**Ilustración 47: Comparación de Resultados del Escenario Mejorado contra la Diferenciación de Demandas**



Del análisis se logró determinar que el cumplimiento del nivel de servicio se ve perjudicado cuando diferenciamos por tipo de demanda. El costo no se ve perjudicado dado que no asignamos un valor diferenciado por tipo de técnico.

Cuando analizamos las diferencias contra el escenario mejorado vemos que el resultado se ve perjudicado en menos de 1% en el cumplimiento del nivel de servicio, mientras que en el escenario base el nivel de cumplimiento del SLA baja más de 3%, esto se produce dado que en el escenario mejorado se tiene más holgura de tiempo para atender.

Es interesante cuantificar este efecto y ver que posiblemente esta sea otras de las variables importantes que producen degradación del servicio. Sin embargo la gestión sobre la operación de la empresa y la falta de información imposibilita hacer este tipo de mejoras al modelo ya que no existen estas categorías en el servicio, tampoco existe el análisis de las habilidades de los técnicos a la hora de contratar y es posible que este sea un factor muy relevante a la hora de mejorar la rentabilidad.

Una recomendación sería la de invertir esfuerzos para determinar cuántas categorías hay de demanda y cómo es que se diferencian, luego de eso, cómo diferenciarlas en línea para poder hacer una asignación de técnicos eficiente y obtener economías de escala.

## Capítulo 3

### Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones generales, otras conclusiones y se finaliza con una serie de recomendación que fueron las entregadas a la empresa, que tienen por objetivo mejorar los indicadores de gestión, la productividad y la información.

#### 3.1. Conclusiones generales

1. La simulación como metodología funciona para optimizar sistemas complejos, aún cuando no se tengan procesos de negocios estandarizados ni variables y parámetros robustos. Esto queda demostrado con el nivel de representatividad del modelo de simulación que se logró en este trabajo lo cual permitió identificar cuellos de botella en el proceso y malas prácticas que originaban el mal desempeño del sistema. Por otro lado el hecho de que el modelo sea un entregable tangible y que pueda ser mejorado le da continuidad al trabajo y justifica una inversión ya que es posible mejorarlo y completarlo en la medida que se tenga información fidedigna de los parámetros y de los indicadores de gestión. Esto agrega mucho valor a la metodología ya que no se queda obsoleta y puede ser tan dinámica como sea el conocimiento de quien la maneje.

2. El modelo de simulación realizado representa de buena manera la operación de Soporte en Terreno, incluyendo el aporte de la mesa de ayuda en diagnóstico, nivel de disponibilidad de inventario en bodega, selección de modo de viaje, asignaciones dinámicas, manejo de respaldos y repuestos, y el control de los costos asociados a cada orden de trabajo. Prueba de esto es que se logró un 98% de confianza en las mediciones generadas por el modelo de los indicadores de gestión en el escenario actual real. Sin embargo el modelo se restringe a los supuestos y alcance establecidos como son, eventos sólo dentro de Santiago, y no incluye la operación de laboratorio, el retiro de respaldos en los clientes, y las labores de los técnicos residentes. Esto

quiere decir que las limitaciones del modelo son los supuestos y las limitantes de información en los datos y procesos, no existen resultados o impactos no deseados en variables del sistema.

3. Las conclusiones obtenidas con respecto a los objetivos planteados son las siguientes:

- \* La operación de la unidad de Soporte en Terreno no presenta economías decrecientes a escala. Para mantener un nivel de cumplimiento del 95% con operación actual, para el total de OS (todas las OS ponderadas por su proporción) se observa que ante un aumento en la demanda de un 10% se debe aumentar la cantidad de técnicos en un 20%. Mientras que esta misma medida para las OS de 4 hrs de SLA resulta infactible producto de los tiempos de retraso.  
Una vez que mejoramos las ineficiencias de la operación obtenemos que para incrementos porcentuales de demanda de  $x$ , se requiere siempre  $x/2$  adicional de técnicos.
- \* La operación no muestra resultados eficientes. Como fue demostrado por el modelo existen pérdidas significativas de tiempo durante la ejecución del proceso. Estas tienen su origen en malas definiciones en los roles y responsabilidades del personal de supervisión y en el planteamiento de los procesos internos con la unidad de logística. Cabe mencionar que esta comparación de eficiencia se hace considerando que un técnico no puede atender infinitas órdenes en un día, y la cantidad de órdenes atendidas diariamente tiene un máximo dado por la suma de los tiempos que se utilizan en distintas etapas del proceso, como son los tiempos de espera, tiempos de viaje, tiempos de diagnóstico de la falla y el tiempo de solución en terreno.

Con respecto a las variables del sistema y su incidencia en las medidas de calidad:

- \* El nivel de inventario tiene una incidencia mínima en el resultado de las medidas de calidad.
- \* El N° de técnicos disponibles incide en el resultado de manera importante, pudiendo reducirse hasta 4 técnicos manteniendo las medidas de calidad actuales.
- \* Al reducir los tiempo de viaje en un 10% se genera una mejora de hasta 1.1% en el nivel de cumplimiento del SLA.
- \* El inicio de la jornada laboral de los técnicos genera una mejora importante de hasta un 10% de diferencia en el resultado del nivel de servicio.

- \* Los Retrasos<sup>8</sup> del Inicio de la gestión y el de la gestión de bodega hacen que la operación de hoy no pueda ser mejor e incluso hacen que sea imposible mejorar el cumplimiento del nivel de servicio de las órdenes con 4 horas de SLA manteniéndolo siempre alrededor del 90%.
- \* Los indicadores de la operación hoy, se comportan como lo hacen las órdenes con un SLA de 4 horas. Las órdenes con SLA de 6 u 8 horas no generan tensión ni estrechez en la operación. Esto sugiere que el costo que tiene atender a una orden de 4 hrs de SLA es significativamente más alto que a tender a una de 8 hrs.
- \* La tasa de visitas por OS no muestran una tendencia ante los cambios en los parámetros sensibilizados: Nivel de inventario, N° de técnicos disponibles, Retrasos en el inicio y en la gestión de la bodega.
- \* La tasa de visitas por OS depende de la cantidad de garantías y la calidad y cantidad de diagnósticos. Lo anterior quiere decir que los parámetros evaluados generan cambios insignificantes en comparación con el efecto de estos tres factores.
- \* Si la cantidad de ordenes de servicio de 4 hrs de SLA aumenta de un 22% a un 40% el nivel de servicio cae de un 97,6% a un 96%, este impacto es muchísimo más suave para el escenario mejorado, donde solo cae de un 99,2% a un 98,7%, lo cual tiene su explicación en el efecto de holgura que generan de los tiempos muertos.
- \* Cuando existen demandas diferenciadas y técnicos con habilidades específicas para atender cada demanda, el resultado de la operación incumple el SLA en mayor medida que con demanda y habilidades homogéneas. En las pruebas el impacto de este hecho fue de un 3.2%, bajando de un 97.64% a un 94.56% el cumplimiento del SLA para el escenario base y un 0.85% para el escenario mejorado, bajando el SLA de 99.26% a 98.74%, las diferencias para los escenarios se explican por la holgura del escenario mejorado para atender.

## 3.2. Otras conclusiones

Aquí se describen otras conclusiones que tiene menor grado de impacto en el resultado del trabajo, pero son significativas a nivel del desarrollo para la empresa.

---

<sup>8</sup> retraso se refiere a tiempos muertos, se identificaron en dos etapas del proceso: (1) Al inicio de la gestión, esto es desde que la Mesa toma la llamada del cliente hasta que el Supervisor Operacional Asigna un Técnico. (2) En la Gestión de Bodega, este es el tiempo que le toma al supervisor operacional enviar un repuesto desde que sabe que debe enviarlo.

---

1. El Software utilizado contribuyó en gran medida a darle confiabilidad al modelo frente a la dirección que es ignorante en temas de simulación y programación, sin embargo tuvo limitantes importantes de performance. El número de caracteres máximo para condicionar el paso de una entidad era muy bajo, lo que obligó a duplicar módulos de preguntas o cálculos que hicieron que el desempeño del modelo fuera más bajo de lo previsto. Lo anterior significa que en el caso de que se quisiera tomar decisiones en línea, el modelo no podría dar una respuesta ya que demora un minuto por simulación y requerimos a lo menos 30 simulaciones para tener errores bajos. La conclusión es que en el caso de que se requiera mejorar el performance del modelo deberían realizarse “sub” simulaciones de modo de anticipar las salidas de sub procesos y así convertir estos subprocesos del modelo en tablas o funciones de conversión. Cabe mencionar que para este trabajo que tenía por objetivo el entender las relaciones, no era necesario una respuesta más rápida que la obtenida por lo que el uso del software “Extend” en este sentido fue una decisión acertada. Cabe mencionar que la versión con que se contaba era una versión antigua y sin costo por lo que no poseía varias funcionalidades como por ejemplo medidas de performance de las variables del sistema, es por esto que el análisis de las salidas tuvo que ser desarrollado en Excel haciendo más costoso obtener los resultados.

2. Para trabajos posteriores de este tipo, se recomienda que antes de calendarizar el trabajo es conveniente hacer un levantamiento del proceso y del alcance del proyecto ya que se pierde mucho tiempo en redefinir una y otra vez el alcance. Se cae mucho en la visión detallista del proceso dado que la empresa no tiene conocimiento claro de lo que se hace, luego comienzan a enterarse de procesos mientras se levantan. Por otro lado cuando no está claro el alcance ni el proceso la empresa se pregunta cosas a última hora lo que puede extender la duración del proyecto. En conclusión debería solicitarse a la empresa entregar sus procesos y procedimientos antes de calendarizar. Y luego debería hacerse el levantamiento para el trabajo basándose en esos documentos y no en nada como se partió con este proyecto.

3. La predisposición con que la empresa adoptó este trabajo fue clave para lograr su éxito. En un trabajo como este, la falta de datos para cargar el modelo y comparar las salidas elimina cualquier posibilidad de llegar a término. En el caso de esta empresa si bien no se contaba con la información se contó con el apoyo y confianza de la dirección que nos permitió auditar casos cerrados entregando inclusive bonos a quienes auditaron para justificar el trabajo adicional, sin ese apoyo y confianza este trabajo sin duda habría fracasado.

4. Desde la perspectiva del cliente sus expectativas fueron satisfechas y en varios puntos excedidas, el trabajo fue elogiado por su alto contenido de recomendaciones prácticas para el negocio y el descubrimiento de ineficiencias impensadas para los gerentes que una vez concluido y presentado hacían mucho sentido.



Se identificaron las dependencias en las variables del negocios, esto fue significativo para la empresa sobre todo la de la tasa de visitas por OS, donde se demostró que su dependencia viene dada por factores que afectan directamente a Soporte En Terreno pero no son de su dominio. Es importante destacar que la dependencia que tiene la unidad estudiada con la de bodegas y transporte hace necesario un estudio global del proceso, donde se analice la composición de los tiempos en cada ciclo para encontrar mejoras significativas que reviertan la condición de inexistencias de economías de escala.

5. Se realizaron recomendaciones con respecto al tipo de información que se debe recaudar para hacer un sistema de alto performance lo que contribuyó a cambiar el paradigma de la información, donde la visión de los conocedores del negocio se basaba en apreciaciones cualitativas asociadas a reclamos de clientes más que a indicadores verificables y objetivos.

6. El trabajo generó una mirada proactiva de los procesos. Se iniciaron proyectos de mejoramiento donde se verificó que existen cargos idénticos que hacen las tareas de manera distinta, al punto de usar transacciones de SAP diferentes. Las mejoras de ese tipo producidas como consecuencia de este estudio ha “pagado” el trabajo y ha logrado incluso introducir conductas de auditoría de proceso de forma proactiva en la unidad de soporte para encontrar mejores prácticas.

7. Desde el punto vista personal se puede asegurar que el trabajo demandó capacidades claves que un trabajo de investigación corriente no hace. Por un lado históricamente se concibe los trabajos de tesis o prácticas como trabajos desprovistos de valor, por el poco conocimiento que tiene el estudiante de la industria, estructura, cultura y operación de la empresa. Por otro lado en este trabajo un estudiante debe lograr convencer a la última línea de una empresa de que algo desconocido, un programa de computador, no solo tiene valor si no que les es útil y confiable.

En la visión del autor se logró convencer a la dirección de que el trabajo realizado era fidedigno y que tenía un gran valor como laboratorio, esto fue posible gracias a dos capacidades claves como son la seguridad y la confianza. Por otro lado fue posible lograr un nivel de relación cercana con los ejecutivos principales del negocio lo que contribuyó a generar un espacio de autocrítica y proactividad que impulsaron al equipo a cuestionar profundamente las falencias de la operación.

## Capítulo 4

### Recomendaciones

#### 4.1. Procesos y Registro de la Información

El problema principal detectado en Soporte En Terreno es de procesos y registro de la información. Se detectó que no existen procedimientos estándar para la atención de clientes. Durante la operación se tiende a improvisar sobre acciones que repercuten en las métricas de calidad como lo son la gestión sobre garantías, bajo que antecedentes se debe respaldar, o bajo qué nivel de costo el SLA pasa a ser secundario. Por otro lado la medición de las métricas de calidad son inexactas por lo que no se puede determinar mejores prácticas asociadas a la operación.

Para En Terreno se desarrollaron procedimientos que definen cual es la forma de ejecutar las acciones, principalmente en SAP. Estos procedimientos no ayudan a determinar cual acción tomar, solo como ejecutarla.

Se considera que la primera prioridad es ordenar la operación, si bien para realizar esta consultoría se levantó un procedimiento, hay formas de operar y percepciones que en la realidad no ocurren, ejemplos de esto son:

- Uso de transporte: se aseguró que no se utilizaban motos en los despachos de repuestos y/o respaldos, cosa que resultó siendo falsa.
- Cantidad de técnicos disponibles activos: el número inicial de técnicos disponibles fue de 35, luego se dijo que eran 31 con turnos, luego se concluyó que en promedio eran 28, pero que hay turnos que no se están ejecutando.
- Cantidad de Diagnósticos de la MAU: se hizo una escucha silenciosa y se llegó al dato de que el 33% de las OS tenían diagnóstico, haciendo cálculos simples se identificó que es imposible que ese dato sea correcto, hecho que se corrobora con la operación

misma. Se llegó a la conclusión que la cantidad de diagnósticos es del orden del 90%, sin embargo esto puede deberse a gestiones extra que realiza Soporte en Terreno, y no solamente a la MAU.

- Asignaciones Dinámicas: a modo de percepción, dado que esta información no es medida hoy, se buscó un número de asignaciones dinámicas en transporte que representara el 30% de los viajes, producto de que encontrar ese número en el modelo era tremendamente difícil y era necesario incorporar restricciones irreales, se hizo una muestra y se obtuvo que la cantidad de asignaciones dinámicas en transporte era de un 2% del total de viajes.
- Tiempos solución y diagnóstico: para obtener una medida aproximada de los tiempos de solución y diagnóstico se hizo una encuesta a los técnicos. Los resultados de la encuesta revelaron que los tiempos tenían un comportamiento poco creíble, por esto se prefirió auditar alrededor de 900 OS para determinar en el papel cuanto había durado cada proceso. El valor que se obtuvo se comportaba como un valor muy alejado del que obtuvimos con la encuesta y es el que se utilizó.

Con esto se quiere mostrar que las percepciones a todo nivel de Soporte En Terreno están erradas, y eso repercute en la toma de decisiones.

Ante esto se propone desarrollar procedimientos de operación, en base a escenarios, que resuelvan el problema del cliente a mínimo costo, registrando la información que permita hacer gestión y por otro lado que tenga medidas de control. Para esto se han especificado las métricas necesarias para hacer gestión y alguna aproximación de cómo medirlas. Para luego con información concreta se ejecuten mejoras medibles.

Si bien esta acción es de alta complejidad por su duración y requiere que quien la desarrolle tenga conocimientos en procesos y gestión, es de altísimo impacto por el hecho de ser sustentable en el tiempo. Con procesos definidos claramente y que se ajusten a la operación real de Soporte En Terreno la eficiencia en la operación y la gestión mejoraría considerablemente.

## 4.2. Medición de Métricas de Calidad

El cálculo de las métricas no es confiable por distintos motivos.

En la etapa uno se propuso un modelo de operación que permitiese registrar una serie de datos básicos. Adicionalmente, ahora, se quiso especificar que datos son críticos en los resultados, de modo de desarrollar un plan de implementación que ponga énfasis en ellos.

### 1. VISITAS POR OS:

#### **Situación Actual:**

Esta es la métrica de control y eficiencia, sin embargo, no existe una medición exacta de ella.

#### **Consecuencia:**

No se puede confiar en la medida de desempeño. Tampoco se puede identificar aquellos casos que generan un aumento en el promedio y en la varianza.

#### **Acciones Recomendadas:**

Para calcular esta medida, se necesitan:

- Número total de OS, fácil de obtener en el sistema.
- Número total de visitas: este valor hoy no se puede medir, pero revertir la situación es sencillo. Las OS se componen de “operaciones” las operaciones están codificadas según el tipo de acción. El problema es que hay muchas operaciones que “podrían” ser visitas, y no es claro cuáles son utilizadas para representar una visita. Por esto se requiere una re codificación de las operaciones en las órdenes de servicios en SAP. Deben cambiarse las operaciones que “podrían” ser visitas, generando una única que se llame “VISITA”, o bien que diga visita y que tenga apellido, de acuerdo al tipo de visita que se quiere medir, lo importante es que no induzca a error de los supervisores operacionales. Otra que sea “DESPACHO” que mida la operación relacionada al despacho de un componente SIN técnico. Con esto se tendría el tiempo total de visita (que sumaría el tiempo de viaje) y se tendrían claras las visitas generadas con técnico y las generadas solo con un medio de transporte.

#### **Impacto y Complejidad**

Se considera que esta mejora es de alto impacto y muy fácil implementación ya que no involucra ni un cambio cultural ni de proceso. Solo sería necesario capacitar para explicar cuál es el sentido de cada operación y cuando ocuparla. Esto permite tener la medida de visitas por orden de servicio en línea si se construye un Query básico de consulta, que puede ser desarrollado en el sistema INFOSAP.

---

## 2. NIVEL DE CUMPLIMIENTO

La mayoría de los contratos de servicio tienen un nivel de cumplimiento del SLA, si bien el tiempo de solución puede ser de 8 horas, La empresa se compromete a cumplir en un 95% de las veces.

### **Situación Actual:**

Hoy este dato se calcula en base a un query que toma la hora de generación del aviso y la hora de cierre de la OS, pero la forma de hacerlo es ineficiente y en algunos casos poco confiable.

Para medir este dato se requieren varias cosas:

- Hora que se genera el aviso.
- Hora que se cierra la OS.
- Cobertura del equipo que está fallando.
- SLA del equipo que está fallando.

Hoy la cobertura y el SLA del equipo lo determina una persona de En Terreno cambiando o corroborando, a mano, el SLA del equipo en base a lo que se sabe que el cliente tiene bajo contrato. Por otro lado la cobertura “la saben”, no la da el sistema o mejor dicho la da pero en muchos casos mal, pero este dato no se cambia a mano.

Por otro lado cuando un cliente llama reportando un equipo y el equipo no está asociado a ningún contrato, se atiende quedando como un equipo “dummy”, lo que hace imposible obtener el valor del SLA y la cobertura desde el sistema. Cabe destacar que en este caso el equipo no se encuentra dado que la base de “levantamiento” no está completa, es más, sólo alberga el 30% del total de equipos con contrato. No hay que perder de vista que el levantamiento se realiza por 3 motivos:

1. Para un mismo contrato pueden haber máquinas que tienen distintos SLA. Según sea el requerimiento del cliente
2. Debe estar claro cuales equipos que reportan fallas no están bajo contrato de modo de facturar por separado los servicios para equipos adicionales.
3. Conocer el parque de equipos del cliente permite evaluar (hoy no se hace) el tipo y cantidad de respaldos que se debe manejar en bodega para lograr el nivel de servicio comprometido.

### **Consecuencia**

Se mide el cumplimiento a un costo innecesario y se obtiene un valor que podría estar equivocado con algún nivel de confianza que tampoco conocemos, por otro lado el query que calcula el cumplimiento no considera la cobertura del contrato por lo que calcula la diferencia entre la hora de cierre de la OS y la hora de generación del aviso y lo compara con el SLA, pero no considera que si el cliente llama por ejemplo a las 5pm y su cobertura es de 8:30 a 6, SLA de 4, se tiene hasta las 11:30 para resolver.

### **Acciones Recomendadas:**

Primero se recomienda hacer un query inteligente para sacar la medición y que considere la cobertura Dado que la información está en SAP es de ejecución simple.

Por otro lado se recomienda que la persona que está cambiando a mano cada una de las OS, haga los cambios en los contratos de modo que el esfuerzo lo ejecute una vez.

Lo más complejo es el mal uso de equipos Dummy, esto hace que cualquier esfuerzo sea insuficiente si no se es capaz de asociar la atención al contrato, lugar donde estará toda la información. Para esto se proponen tres acciones posibles:

1. Una es cambiar la estructura de la venta, vender paquetes de atenciones y sobre la cantidad pactada de atenciones cobrar una tarifa adicional por atención. Esto ayuda a limitar las llamadas de los clientes y resguarda a LA EMPRESA de que un cliente valore una solución para 100 maquinas y termine incorporado a 200. Para esta solución las diferencias de SLA que pueden existir para equipos del cliente se pueden medir de dos formas, una es que el cliente tenga la responsabilidad de saber qué nivel de servicio tiene y la otra es de separar las máquinas que tienen un SLA minoritario y dejarlas registradas según el usuario, así este filtro lo puede realizar la MAU cuando ingresa la llamada.
2. Crear una regla y especificar que para clientes que tienen más de N equipos no se les realizará el levantamiento y se atenderán bajo una estructura como la relatada más arriba y para clientes más pequeños se les realizará el levantamiento.  
Para cualquier tipo de operación la forma de evaluar el tipo y cantidad de respaldos es tomando una muestra para cada categoría del parque de equipos del cliente, con eso se tendrá una idea del volumen y categoría de los respaldos necesarios para cumplir con el servicio.
3. Lo otro, que es compatible con Itil, es utilizar una herramienta como altiris que permite, con una conexión remota, conocer el parque de equipos de los clientes y si ellos tienen su parque sectorizado también conocer la ubicación de cada equipo. Esto

tendría que ser medido con cierta periodicidad de acuerdo a los cambios que el cliente pudiese tener.

En términos operacionales tener la medida del nivel de cumplimiento es fundamental ya que es la métrica que controla el Cliente y que determina en alguna medida el nivel de servicio. Determinar el nivel de cumplimiento en línea, pasa por varias cosas previas, una de ellas es contar con el SLA y la cobertura, otra es que la orden sea generada en línea con el llamado del cliente, y por último, pero muy importante, es que el llamado sea vinculado de forma exacta al contrato, de otro modo no se podrá medir esta información de forma certera y confiable.

### **Impacto y Complejidad**

Este punto es de alto impacto pero de alta complejidad ya que involucra el mejoramiento de procesos, registro de información y ciertos cambios culturales, como es el uso de “clientes Dummy” cuando las atenciones no se logran vincular a los contratos, para este último punto tenemos alternativas que son hacer los levantamientos de todos los equipos o bien identificar solo al cliente para hacer la asociación.

### **3. COSTO PROMEDIO POR OS**

#### **Situación Actual:**

Con respecto a los costos de las órdenes de servicio tienen la siguiente composición:

1. Costos en HH,
2. Costos de Repuestos
3. Costos de Respaldos y
4. Costos de Transporte

Las HH se evalúan con la OS estimando la cantidad de horas que demorará la atención y luego imputando el valor real de HH utilizadas. Algo similar pasa con los repuestos, estos son pedidos a través de la OS por lo que el costo que tiene (costo promedio) es imputado a la OS. Sin embargo no se tiene la medida del costo en transporte ni de respaldo.

#### **Consecuencias**

No se tiene el total de costos de las atenciones en la Orden de Servicio.

#### **Acciones recomendadas**

Dado el criterio de elección del medio de transporte a utilizar, se considera necesario tener la medida, tal vez como una operación en la Orden de Servicio en SAP, de al menos el tiempo y el medio seleccionado. Esta medida podría ponderar el gasto en transporte de acuerdo al total consumido del mes y así tener una estimación del costo total de la OS.

### **Impacto y complejidad.**

En términos de operación esta medida no genera alto impacto, pero si en control y optimización ya que permitiría visualizar el costo real de la OS para determinadas condiciones. Con respecto a la complejidad, es media ya que se ha encontrado una forma de registrar las variables de costo que existen en la operación.

## **4.3. Registro de Datos**

A continuación se detalla una propuesta de implementación y la importancia e impacto que tiene mejorar la medida de algunos parámetros del sistema

### 1. SLA Y COBERTURA

Es básico para establecer el nivel de cumplimiento, esta métrica es la cara a los clientes por lo tanto tiene una relevancia especial, además la información permitiría determinar el valor de venta y análisis de los servicios entregados.

Se considera que para el total de contratos existentes (alrededor de 250) se puede definir un plan de acción para modificar en el sistema las coberturas y el SLA a lo real.

Permite operar eficientemente ya que no se requeriría tener a una persona cambiando manualmente los SLA. Por otro lado permite desarrollar análisis de las órdenes por SLA.

### 2. DISPONIBILIDAD REAL DE TÉCNICOS

La cantidad de técnicos disponibles es una variable básica y hoy no se registra como variable del sistema. Conocer esta variable permitiría evaluar la eficiencia de cada técnico y también la de los supervisores operacionales.

Se considera que la mejor alternativa para contar con la información en línea y sin errores es definirla como un atributo del puesto de trabajo, nombre que se le da a quien actúa como resolutor de las órdenes de servicio. La medida debería tomarse al inicio del día, y debe registrar cantidad y horario de disponibilidad de cada técnico.

### 3. NIVEL DE DISPONIBILIDAD DE INVENTARIO

Los indicadores actuales de desempeño de inventario se basan en una foto semanal de las existencias de un conjunto de repuestos más usados. No existe una forma estructurada para pedir repuestos. Si un ítem particular no existe, el sistema no propone alternativas existentes, por lo que es un trabajo manual que debe realizar el supervisor. La definición de grupos de

---



repuestos substitutos no existe. No existe una forma automatizada de revisar cuales son los grupos de repuestos de mayor rotación.

Hoy, es imposible saber qué nivel de servicio entrega bodega, pues los stockouts no se registran. No hay control de obsolescencia del inventario. Se cree que el número de respaldos utilizados es mucho mayor al económicamente recomendado, con los subsecuentes costos de terceras visitas y de la obsolescencia misma de los equipos de respaldo.

- \* Se recomienda: Designar a alguien a cargo de definir las categorías de repuestos substituíbles, y que en general esté a cargo del inventario.
- \* Medir para bodega el número de stockout totales, y número de stockout de aquellos ítems que se consideren de primer nivel.
- \* Lo mismo es aplicable (en menor escala) a los stocks de las bodegas de los técnicos residentes.

Consideramos que lo más sencillo es comenzar por registrar cada vez que un repuesto o respaldo necesario no fue encontrado. Posteriormente se podría establecer una forma de control por medio de la petición donde quede constancia de que se requería algo y no estaba disponible. La medida si bien tiene impacto en la efectividad de cada visita es de difícil implementación por medio del sistema pero de fácil implementación manual.

### 4. CANTIDAD DE EQUIPOS CON GARANTÍA

No se tiene un control sobre cuales equipos de los clientes tienen garantía con la marca (HP e IBM), el efecto de tener equipos con garantía, impacta positivamente los costos y negativamente las visitas por OS, por eso es primordial tener los recursos para hacer un análisis sobre la conveniencia y el precio del soporte con garantías.

Para obtener este dato es necesario hacer un catastro de los equipos bajo contrato siendo una característica de ese equipo el que tenga o no Garantía. Para esto, el mismo módulo de SAP que se utiliza para hacer el inventario de máquinas, tiene como característica la existencia de garantía, especificando, básicamente su duración. Por esto especificar si un equipo tiene o no garantía, sería de baja complejidad aunque alto costo, ya que se tendría que hacer el catastro de las máquinas bajo contrato y digitar para cada una de ellas la existencia de garantía.

### 5. LEVANTAMIENTO DE DATOS DE UBICACIÓN DE LOS CLIENTES

Hoy se especifica la ubicación de cada equipo en un campo de texto, esto significa que una misma dirección puede ser digitada de distintas formas y por otro lado no permite calcular distancias. Se considera que registrar la ubicación de los clientes (sucursales que tenga) es

---

interesante para identificarlos cuando ingresen los llamados y para optimizar de forma sistémica las rutas y los tiempos de viaje. Para esto es necesario registrar las direcciones bajo un sistema de coordenadas como longitud y latitud.

Sin la ubicación (parametrizada) de los clientes<sup>9</sup> es imposible mejorar los costos de viaje (que están muy cerca de los costos por HH en cada OS).

La complejidad de implementar este cambio es alta ya que produce un cambio en procesos, roles e incluso reformulaciones comerciales, en el caso de que no se comprometa el levantamiento de las máquinas. Por otro lado se tiene la convicción que es la mejor forma de optimizar los viajes, si bien podría tenerse la parametrización de la ubicación para cada equipo, esto es de alto costo y lenta implementación.

### 6. MAU, CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS DIAGNÓSTICOS

Hoy en En Terreno no se registra ni la cantidad ni la calidad de los diagnósticos que realiza la MAU en el minuto que llama el cliente. Hacemos referencia a los diagnósticos en dos casos, uno que lo realiza la mesa de ayuda cuando el cliente llama y otro que se realiza en terreno, ocurre en los casos que no hay diagnóstico de la Mesa de Ayuda, los técnicos, necesariamente, deben hacerlo en terreno. La no medición impide analizar el perfil de los analistas que requiere la mesa de ayuda o cual es el desempeño de los técnicos cuando hay mejores diagnósticos (debería ser menor uso de respaldos, menores visitas, etc.)

El modelo demuestra que esta variable es crítica ya que determina si es que se podrá resolver en una visita o no.

La medición de este dato es muy importante y debe ser realizada por un lado antes de atender, sobre la existencia del diagnóstico y después de atender sobre la calidad del mismo. Es de fácil implementación ya que podría partir como una media manual y luego determinar si es que la OS tiene una forma de establecer si hay o no diagnóstico y cuan bueno es.

En una primera medición podría ser por medio de operaciones dentro de las Órdenes de servicio en SAP de la misma forma que las visitas, de modo que la primera operación que se contabiliza el supervisor operacional es la de EXISTENCIA o INEXISTENCIA de diagnóstico y luego de la visita se contabiliza si EXISTENCIA era CORRECTA o INCORRECTA.

---

<sup>9</sup> Consideramos que siempre el cliente llama desde alguna de sus sucursales y no puede llamar de otro lugar, así en realidad no importa de qué equipo se trate si o de donde esté el cliente.

---

## 7. ASIGNACIONES DINÁMICAS EN TERRENO Y SOLUCIÓN

Vimos en el levantamiento de los datos que la percepción de cuantas asignaciones dinámicas de ambos tipos ocurren no se acerca a la realidad, es por esto que para evaluar el efecto que tiene en la operación es necesaria su medición.

En el modelo se logra ver que los resultados son muy sensibles a la cantidad de asignaciones dinámicas en solución, ya que generan un aumento en la demanda. Es necesario definir las variables a evaluar para decidir si la asignación dinámica se hace o no. Para esto se debe tener la medición de la operación y las métricas de calidad.

La forma de registrar esta información por el sistema tendría que ser por medio de una “interrupción” en el viaje o en la visita según sea el caso. Este evento podría ser registrado como operación dentro de las órdenes de servicio, podría estar codificada como “Interrupción Viaje” o “Interrupción Visita”. Dicho lo anterior la implementación de este cambio, registrar la información, es de baja complejidad y de mediano impacto ya que será importante en el mediano plazo para determinar mejores prácticas con respecto a este procedimiento.

### **4.4. Mejoras a la Operación**

#### 1. GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ÓRDENES DESDE LA MAU A SOPORTE EN TERRENO

Como dijimos anteriormente para tener en línea el cumplimiento real de los compromisos es necesario que la OS se cree en el momento que el cliente llama, esto significaría una conexión automática entre Aviso y Orden de Servicio, de modo que la OS sea generada desde la MAU. Por otro lado permite ver el monitor de OS categorizado por SLA de modo de atender aquellas que estén más cerca del término. Adicionalmente controla de manera natural el retraso que se puede producir al inicio de la gestión, condicionando este retraso a la demora natural de la cola por la disponibilidad de técnicos.

Esta medida es necesaria y de alto impacto por lo recién explicado. Para ser implementada es necesario más que nada convencimiento de la gerencia de servicios ya que podría ser que aumente los costos fijos en personal por aumentar el tiempo por transacción (llamado) ya que se debería crear el aviso en conjunto con la OS desde la Mesa de ayuda.

## 2. GESTIÓN AUTOMÁTICA DE DESPACHO DE REPUESTOS

Vimos que existen tiempos en la gestión de repuestos y respaldos que no agregan valor al proceso. Para mitigar este tiempo, consideramos necesario, por una parte cambiar los roles de los supervisores operacional, de modo que no tengan que hacer esta gestión y por otro lado que las ordenes y los despachos se hagan de manera centralizada en bodega. Así con cada solicitud, un personaje en bodega toma la orden y gestiona el despacho. De manera centralizada además será mucho más fácil optimizar las rutas.

Consideramos que esta medida puede ser muy difícil de implementar ya que compete a otra unidad de La empresa, la cual velará por sus intereses y podría considerar la medida necesaria. Más allá de esa resistencia consideramos que la medida es de fácil implementación ya que solo requiere solicitar al móvil que ejecute el despacho.

## **4.5. Recomendaciones al Negocio**

En términos prácticos hay otras recomendaciones que están asociadas al negocio de hoy y deben ser tomadas por los gerentes del servicio.

### 1. HACER CONTROL DE GESTIÓN

Hoy en día falta información relevante para poder hacer gestión operativa y financiera. No existe una sola persona en que esté concentrada la responsabilidad de que se capturen los datos necesarios y se hagan los análisis correspondientes.

Es necesario que una sola persona con perfil de Ingeniero (ojalá con algo de conocimiento en SAP) sea el responsable porque se recabe diariamente la información relevante

Ejemplo de información que se requiere:

- \* Visitas realizadas en 1 OS
- \* Identificar si el equipo de la OS tiene asociada o no garantía
- \* Tiempo de transporte y tipo de transporte
- \* Identificación del Equipo que falla
- \* Contratos: incorporar SLA's y cobertura (ej. 7x24) al sistema SAP
- \* N° de equipos bajo el contrato
- \* N° de Técnicos totales en el Pool por día
- \* Equipos con sus garantías

## 2. DISMINUIR TIEMPOS MUERTOS EN ASIGNACIÓN

El Supervisor primordialmente debe enfocarse en asignar y monitorear, no debe buscar el numero de parte del repuesto en SAP y no debe gestionar el envío del repuesto donde el Técnico. Frente a esto se recomienda estudiar las tareas que realmente realizan los supervisores que son las causales de estos tiempos mal usados.

Por otro lado se recomienda por sistema diseñar mecanismo que registre el tiempo desde que llega OS hasta que c/Supervisor asigna una cantidad de horas planificada de atención (esto si se registra hoy en SAP). Con esto, semanalmente el Jefe de Soporte On-Site evalúa el performance de los Supervisores.

## 3. DISMINUIR TIEMPOS MUERTOS EN BODEGA

La recomendación es poner un “Pañolero” (s) que:

- \* Reciba requerimiento y busque el repuesto que corresponda o se ajuste.
- \* Efectúe petición en SAP del repuesto a Bodega.
- \* Sea responsable de que el repuesto llegue a destino final.

Por otro lado investigar la composición de este tiempo de espera, ya que probablemente esto dependerá de otras unidades de la empresa como es la de transporte, ya que son ellos quienes solicitan el transporte para enviar a los técnicos, si resulta una parte importante del tiempo mal utilizado del estudio se explica porque el transporte demora mucho en llegar a la central y tomar el repuesto para ser enviado, es evidente que es ahí donde hay que atacar para resolver el problema.

Por otro lado se debe por sistema diseñar mecanismo que mida el tiempo transcurrido desde que el Supervisor asigna por sistema el requerimiento de repuesto al “Pañolero” hasta que el Técnico de Soporte recibe el repuesto, mas aun se debe poder medir el tiempo real que se demora un Supervisor o quien sea en entregar el repuesto en un móvil para su envío.

## 4. REDISEÑO MALLA ORGANIZACIONAL

Con respecto a la estructura organizacional de Soporte En Terreno , en términos generales es alambicada, hay muchas funciones concentradas en algunas personas y parece no ser reflejo de una planificación orgánica del negocio.

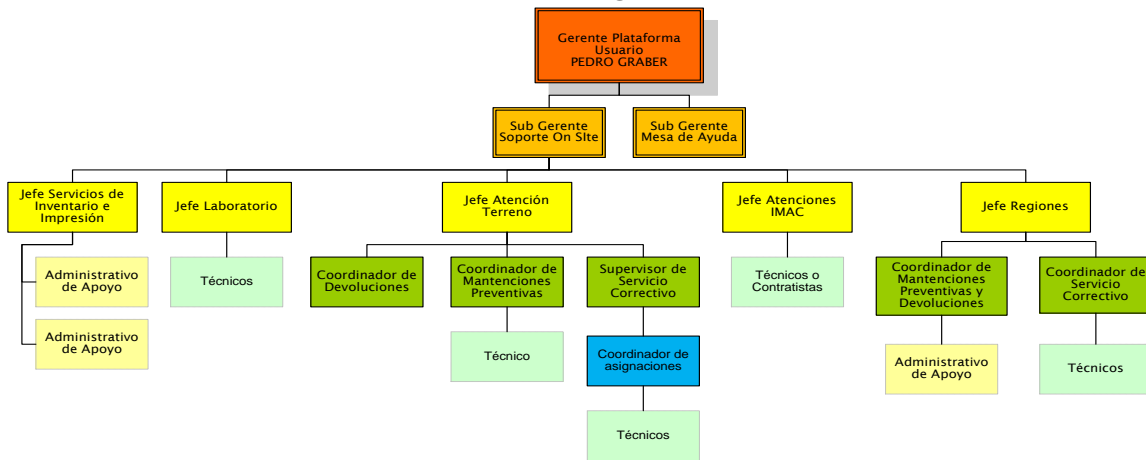
Se vio en la operación que hay funciones que no son propias de un área productiva, como es el cargo de TAM (technical account manager) dentro del área, esta debería ser una función de la Gerencia de gestión de servicio. Por esto se recomienda especificar cada una de las funciones de los cargos en Soporte En Terreno además de sus sistemas de control.

---

Por otro lado la estructura tiene un solo líder y existen muchas unidades y sub unidades que dependen de él, lo cual no ayuda a la gestión. Se debe considerar que las jefaturas deben estructurarse según áreas de negocio, por ejemplo se recomienda separar las áreas de devoluciones y mantenencias preventivas de la operación de terreno. La estructura debe fijar responsables en cada uno de los procesos “productivos”, lo que permite tener mayor control sobre los recursos utilizados y claridad en las responsabilidades de la operación.

A continuación se presenta en la ilustración 48 una propuesta la estructura de Soporte En Terreno

**Ilustración 48: Estructura Organizacional Propuesta.**



Precisamente esta estructura logra diferenciar las distintas unidades de negocio del área de Soporte Terreno de Plataforma Usuario.

El cargo de subgerente de Soporte En Terreno debería ser quien se preocupe del control de gestión, evalúe que los costos se ajustan a lo esperado y que la rentabilidad el negocio se mantiene en un nivel adecuado en todas aquellas unidades.

Otra de las novedades de esta estructura es la separación de Soporte En Terreno como hoy se conoce en áreas con tareas definidas para las:

- \* Devoluciones, que es quien coordina con el cliente la devolución de su equipo y retiro de los respaldos.

- \* Mantenciones Preventivas que sea quien coordine al inicio de contrato una visita para revisar los equipos y hacer el levantamiento.
- \* Servicio Correctivo, que es la atención en terreno en sí, que opera con un supervisor que asigna a un técnico considerando el total, no un grupo específico.

#### 5. CONTROLAR QUE SE HAGA DIAGNÓSTICO

Hacer un diagnóstico bueno implica:

- \* Evitar hacer 1 visita y en cambio resolver en línea.
- \* Evitar hacer 2 visitas.
- \* Evitar devoluciones de repuestos que no era el que se requería.
- \* Evitar aumentar la complejidad del despacho de técnicos y repuestos y los costos asociados a transporte.
- \* Se crea una imagen de “bien a la primera”. No es bien percibido por el cliente que el técnico repita tanto a un viaje.

Hoy del total de OS entrantes a la Mesa de Ayuda, **en el 30% de ellas la Mesa hace diagnóstico**. También hacen luego diagnóstico los supervisores. Lo que sucede es que casi siempre el técnico de soporte sale con repuesto, lo que supone que ya tiene un diagnóstico, sin embargo no se sabe a ciencia cierta ni la cantidad ni la efectividad de estos diagnósticos.

Proponemos que se haga diagnóstico para el 100% de las OTs que llegan.

Debería el procedimiento exigir que todos los técnicos de mesa de ayuda entreguen diagnóstico.

Se debe intentar al máximo que en los contratos de servicio con el cliente se estipule claramente que el técnico de mesa de ayuda pueda tener contacto directo telefónico con el usuario cuyo equipo falla. Esto no sucede muy a menudo hoy en día, pues hay gente intermedia de la empresa. Sucede mucho que la empresa se siente en el derecho de pedir sin más que le envíen técnico a terreno. Eso no debe suceder y se debe negociar comercialmente y en contrato.

Otra recomendación es que el perfil del analista de MAU debe ser técnico. Se da que a veces hay administrativos; tomar la llamada solamente no agrega valor. Por otro lado estas personas deben ser medidas por cantidad y calidad de diagnóstico que deben hacer.

#### 6. POTENCIAR EL ESPÍRITU DE EQUIPO Y PERTENENCIA A LA EMPRESA

Se considera importante potenciar actividades recreativas/participativas que permitan que los técnicos de En Terreno y Analistas de la MAU se puedan conocer, intercambiar experiencias y soluciones, sientan que son muy importantes para la empresa y que su trabajo es muy relevante.

Las alternativas para generar esto son, entre otras:

---

- \* Premios: el mejor técnico del mes/año, el mejor evaluado por el cliente, beneficios (pasaje a Bs As, por ej.), beneficios económicos
- \* Convivencia con el equipo y la alta dirección
- \* Entrega de poleras, otros.
- \* En la revista de la empresa, que haya una página especial permanente para esta área.

Todo lo anterior con el objetivo de lograr que Soporte En Terreno tenga sentido de identidad fuerte y de apego por lo que se hace.

#### 7. ESTABLECER UN ENFOQUE DE PROCESOS CENTRADO EN LA CALIDAD DE ATENCIÓN/SERVICIO

Hoy en día los procedimientos internos orbitan en torno a la realización de actividades en SAP lo que hace que no sean completamente adecuados:

- \* Hay omisiones de actividades relevantes (y de elementos necesarios para desarrollar esas actividades, p. ej.: el proceso de atención en terreno tiene que tener, o tiene que utilizar un kit de herramientas, drivers o alguna forma de acceder a drivers, una radio, instructivos)
- \* Hay actividades que no agregan valor,
- \* No están definidos los controles en cada actividad

Frente a esto se debe pensar y modelar la operación de Soporte En Terreno considerando en cada actividad, entradas, salidas, controles y requerimientos.

#### 8. CONGELAR N° TÉCNICOS SOPORTE

Tal como lo demuestra la simulación hoy en día con 28 Técnicos para Soporte en Terreno se podría inclusive llegar a atender un total de **140 OS** diarias, hoy con 28 Técnicos se atiende un total de 120 OS diarias.

Hoy hay ineficiencias en la operación que hacen que exista la sensación de que se dispone de pocos Técnicos.

Por estos motivos la recomendación es a guiar acciones de mejora y congelar la contratación de técnicos.

#### 9. MODIFICAR LOS TURNOS DE LOS TÉCNICOS DE SOPORTE

Modificar la jornada laboral de técnicos para que el 90% de ellos llegue a las 8:30 y supervisores a las 8:00. La idea es partir a las 8:30 atendiendo OS entrantes (y no a las 9:30 como sucede hoy).

#### 10. LEVANTAMIENTO EQUIPOS EN VISITA MANTENCIÓN



En los contratos de equipos con mantención preventiva, asegurarse que la primera visita se encargue de hacer un levantamiento. Esto quiere decir aprovechar siempre los viajes de mantenciones preventivas para respaldar y mejorar la base de equipos bajo contrato.

Cuando el técnico vaya a reparar un equipo “dummy” (no identificado), asegurarse que haga levantamiento. Esto no impacta el nivel de servicio pero si permite mantener la base de equipos con contrato al día y identificar a aquellos clientes que aumentan el parque de equipos reportados sin renegociar su contrato.

#### 11. ESTUDIAR EL TIPO DE DEMANDA Y HABILIDADES DE LOS TÉCNICOS

Como se revisó en el análisis de las salidas, hay un factor que no se había observado que es la diferenciación en la demanda, donde, en el caso en que la decisión sobre quién atiende cada falla depende de alguna categoría, ya sea por complejidad o industria y la demanda no fuera homogénea, la ineficiencia que puede producir la asignación en grupos es importante. Por esto se recomienda analizar las categorías de demanda existentes y su correspondiente grupo de habilidades necesarias para atenderlas. Esto ya que asignar en grupo puede tener un efecto adicional importante que no ve el modelo a menos que los grupos se diferencien por estas categorías de demanda. Hoy la separación es por cliente eso tendría sentido en el caso en que no existan categorías diferenciadas por las fallas sino por la industria. De todos modos es recomendable poner ojo en este punto.

## Bibliografía

- [1] Averill M. Law, 2007 cuarta edición, “Simulation, Modeling & Analysis”.
- [2] Dong-Eun Lee, A. M. ASCE; and David Arditi, M. ASCE, Journal of construction engineering and management ASCE, march 2006, “Automated Statistical Analysis in Stochastics project Scheduling Simulation”.
- [3] Navin Gupta, Edward J. Williams, “Simulation improves service and profitability of an automobile service garage”.
- [4] Mel Adams, Paul Componation, Hank Czarnecki, Bernard J. Schroer; “Simulation as a tool for continuous process improvement”
- [5] Kumar Venkat, Wayne W. Wakeland; “Using simulation to understand and optimize a Lean Service Process”.
- [6] James R. Swisher, Sheldon H. Jacobson, Paul D. Hyden, Lee W. Schruben; “A survey of simulation optimization techniques and procedures”.
- [7] Eric Forcael, May 2009; “Reserch proposal for Imagine That Inc”.
- [8] John B. Norris, pardue University; “Essays on efficiency in service operations: Applications in health care”.
- [9] James L. Fillmer and Joseph m. Mellichamp, Interfaces, Vol 12 No.3 (Jun 1982) pp 54 - 60, “An Operational Planning Device for the Bell System”.
- [10] John Current, David Schilling; “Simulationg Major League Baseball’s Worl Series with Extend LT”.
- [11] Extend manual.
- [12] M. Evans, N. Hastings, and B. Peacock; “Statistical Distributions”, 3d ed., John Wiley, New York (2000).

## Anexos

### 6.1. Anexo 1: Cálculo de la media de la distribución de Poisson no Homogénea.

El cálculo se realizó de la siguiente forma, considerando:

$$\mu(\Delta t) = N(\Delta t)^{-1}$$

$$\alpha(\Delta t) = \frac{N(\Delta t)}{\beta(\Delta t) \times \Delta t}$$

Donde:

6.  $\Delta t = 40$  [min]
7.  $N(t)$ : Cantidad de llegadas por intervalo
8.  $\alpha(t)$ : Tasa de llegada
9.  $\mu(t)$ : Media de la distribución de Poisson
10.  $\beta(t)$ : factor de Normalización para  $t$

La presente tabla muestra la cantidad de OS para cada día de la semana en cada uno de sus intervalos para cada semana del año.

**Tabla 18: Cantidad de OS generadas por intervalo del día para cada semana del año**

Día	Intervalo	Semana														Total general
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	40	41	42	43	44	
1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	2	7
	2	0	17	0	7	5	10	9	8	5	3	5	0	7	4	80
	3	0	15	0	16	17	9	7	9	8	5	6	0	8	7	107
	4	0	16	0	14	8	9	18	8	11	12	9	0	11	13	129
	5	0	3	0	8	7	8	18	11	9	8	9	0	9	8	98
	6	0	7	0	7	7	1	13	12	6	6	10	0	7	10	86
	7	0	9	0	8	11	17	9	20	6	6	9	0	13	5	113
	8	0	4	0	8	3	6	9	4	4	9	5	0	6	8	66
	9	0	3	0	6	5	2	3	4	5	6	6	0	2	6	48

	10	0	1	0	3	7	2	4	4	4	4	7	0	3	5	44
	11	0	7	0	5	8	4	8	6	13	2	5	0	4	3	65
	12	0	3	0	3	5	8	15	5	4	4	10	0	4	6	67
	13	0	6	0	5	6	8	11	16	4	3	14	0	5	5	83
	14	0	4	0	8	7	11	5	6	8	12	9	0	5	10	85
	15	0	9	0	6	4	9	5	8	7	8	4	0	4	4	68
	16	0	5	0	7	15	3	2	6	15	3	3	0	4	3	66
	17	0	0	0	2	3	0	0	0	13	1	0	0	0	0	19
<b>Total 1</b>		<b>0</b>	<b>109</b>	<b>0</b>	<b>113</b>	<b>119</b>	<b>107</b>	<b>137</b>	<b>128</b>	<b>123</b>	<b>92</b>	<b>111</b>	<b>0</b>	<b>93</b>	<b>99</b>	<b>1231</b>
2	1	2	0	2	0	0	2	1	2	2	0	0	2	0	0	13
	2	8	9	2	3	6	11	9	8	12	8	4	5	0	3	88
	3	8	11	2	15	5	11	4	9	14	5	2	8	2	2	98
	4	17	15	13	2	9	5	7	5	7	10	10	17	15	5	137
	5	9	6	11	5	22	5	5	4	9	10	4	9	7	8	114
	6	5	9	7	4	27	10	15	4	10	9	6	11	9	13	139
	7	8	5	17	24	11	7	7	16	6	2	3	11	8	9	134
	8	11	6	6	8	5	6	3	7	12	6	15	8	3	6	102
	9	11	4	4	4	8	4	6	9	3	10	10	10	4	5	92
	10	2	4	7	4	7	1	5	10	2	3	8	4	1	2	60
	11	6	5	8	3	5	10	3	12	5	1	5	3	3	3	72
	12	4	9	1	7	15	5	6	8	4	6	8	2	4	0	79
	13	1	4	2	15	7	9	7	4	5	12	5	8	6	0	85
	14	7	4	8	8	6	3	3	3	5	4	9	4	7	0	71
	15	12	10	10	14	5	7	8	7	4	7	5	5	7	0	101
	16	1	6	1	5	0	6	3	6	5	4	1	4	1	0	43
	17	0	0	2	2	1	0	0	2	1	1	4	1	0	0	14
<b>Total 2</b>		<b>112</b>	<b>107</b>	<b>103</b>	<b>123</b>	<b>139</b>	<b>102</b>	<b>92</b>	<b>116</b>	<b>106</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>112</b>	<b>77</b>	<b>56</b>	<b>1442</b>
3	1	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	7
	2	5	8	3	8	10	6	0	6	3	3	1	6	8	0	67
	3	9	17	11	5	10	7	0	8	5	7	5	9	2	0	95
	4	10	12	6	10	17	13	0	2	17	12	11	8	11	0	129
	5	17	7	0	11	2	15	0	18	8	7	6	10	9	0	110
	6	19	11	7	7	11	6	0	17	6	7	8	6	8	0	113
	7	8	4	5	2	3	15	0	5	10	11	9	8	14	0	94
	8	10	9	5	2	10	12	0	17	5	4	6	4	5	0	89
	9	4	7	10	6	0	3	0	10	8	4	7	8	1	0	68
	10	4	5	9	4	8	2	0	4	4	1	2	1	3	0	47
	11	5	12	9	3	3	2	0	8	3	2	9	4	1	0	61
	12	1	10	4	8	4	3	0	1	9	5	4	8	3	0	60
	13	10	2	8	5	13	2	0	7	2	7	6	9	1	0	72
	14	5	14	6	6	5	4	0	10	3	9	9	16	0	0	87
	15	9	5	7	5	3	5	0	4	0	4	8	13	5	0	68
	16	2	3	6	5	5	3	0	4	0	4	1	4	3	0	40
	17	2	0	2	1	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	10
<b>Total 3</b>		<b>121</b>	<b>126</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>105</b>	<b>99</b>	<b>0</b>	<b>123</b>	<b>84</b>	<b>87</b>	<b>93</b>	<b>114</b>	<b>76</b>	<b>0</b>	<b>1217</b>
4	1	2	0	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	8

	2	5	2	4	9	7	16	4	7	6	6	5	2	4	0	77
	3	11	6	10	27	6	13	7	7	9	7	11	6	10	0	130
	4	16	9	7	4	10	12	5	10	6	11	7	7	5	0	109
	5	11	9	11	7	5	8	10	12	4	7	15	6	6	0	111
	6	6	6	10	14	13	6	9	12	4	12	11	6	7	0	116
	7	4	6	8	9	8	12	9	13	4	7	8	13	4	0	105
	8	7	10	5	9	14	7	1	18	4	2	6	6	3	0	92
	9	4	3	5	11	4	12	5	11	1	2	5	7	6	0	76
	10	2	7	1	7	3	11	1	4	1	1	5	3	2	0	48
	11	3	3	2	2	3	11	8	21	10	4	4	6	3	0	80
	12	6	9	10	5	7	3	8	6	4	4	5	5	6	0	78
	13	10	9	7	12	6	9	3	7	8	14	2	2	11	0	100
	14	3	9	4	14	11	3	7	10	6	6	9	7	3	0	92
	15	8	1	4	11	9	5	4	8	6	5	6	1	1	0	69
	16	4	3	1	9	16	3	3	16	5	6	2	5	4	0	77
	17	1	4	0	1	0	1	0	1	3	1	3	2	7	0	24
<b>Total 4</b>		<b>103</b>	<b>96</b>	<b>90</b>	<b>151</b>	<b>123</b>	<b>134</b>	<b>85</b>	<b>164</b>	<b>81</b>	<b>95</b>	<b>104</b>	<b>84</b>	<b>82</b>	<b>0</b>	<b>1392</b>
5	1	4	2	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	11
	2	3	3	4	3	4	9	6	11	2	9	4	1	8	0	67
	3	9	8	7	10	11	8	14	8	9	14	16	5	3	0	122
	4	12	3	5	15	11	5	15	3	7	5	7	5	11	0	104
	5	14	11	16	9	7	8	9	7	8	9	7	5	23	0	133
	6	15	8	10	6	6	7	9	20	9	12	4	17	9	0	132
	7	13	12	5	3	12	15	16	7	18	10	3	15	1	0	130
	8	5	7	8	3	6	10	5	6	5	5	6	8	3	0	77
	9	3	3	4	4	8	5	7	5	6	9	9	2	4	0	69
	10	10	0	4	9	1	7	6	6	2	1	5	2	5	0	58
	11	0	3	6	2	0	7	2	8	4	7	5	5	7	0	56
	12	4	4	16	13	0	2	13	4	3	8	4	2	5	0	78
	13	6	6	9	22	1	9	1	4	11	14	4	3	3	0	93
	14	16	15	8	4	13	1	8	4	29	3	2	4	3	0	110
	15	6	6	3	5	3	6	11	6	2	1	5	8	3	0	65
	16	1	2	5	6	3	3	8	2	5	1	10	5	3	0	54
	17	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	0	10
<b>Total 5</b>		<b>121</b>	<b>93</b>	<b>111</b>	<b>116</b>	<b>87</b>	<b>104</b>	<b>132</b>	<b>102</b>	<b>122</b>	<b>110</b>	<b>92</b>	<b>87</b>	<b>92</b>	<b>0</b>	<b>1369</b>

Así el factor de normalización para cada intervalo será la cantidad de semanas que tienen valor positivo en el día, por ejemplo en el en los intervalos del día viernes (5) el factor de normalización será 13 dado que la última semana no tiene valor en ni uno de los intervalos. Esta normalización es simplemente para considerar esas semanas en las cuales tenemos datos. Con ese factor y la cantidad de OS generadas se calcula la tasa de llegada para luego invertirla y tener la media de Poisson para cada intervalo.

Tabla 19: Media no homogénea por Intervalo

Intervalo Semana	Tiempo	# OS por Intervalo	Tasa	Media
1	0	7	0.016	62.857
2	40	80	0.182	5.500
3	80	107	0.243	4.112
4	120	129	0.293	3.411
5	160	98	0.223	4.490
6	200	86	0.195	5.116
7	240	114	0.259	3.860
8	280	66	0.150	6.667
9	320	48	0.109	9.167
10	360	44	0.100	10.000
11	400	66	0.150	6.667
12	440	67	0.152	6.567
13	480	83	0.189	5.301
14	520	85	0.193	5.176
15	560	68	0.155	6.471
16	600	66	0.150	6.667
17	640	19	0.043	23.158
18	680	13	0.023	43.077
19	720	88	0.157	6.364
20	760	98	0.175	5.714
21	800	137	0.245	4.088
22	840	114	0.204	4.912
23	880	139	0.248	4.029
24	920	134	0.239	4.179
25	960	102	0.182	5.490
26	1000	92	0.164	6.087
27	1040	60	0.107	9.333
28	1080	72	0.129	7.778
29	1120	79	0.141	7.089
30	1160	85	0.152	6.588
31	1200	71	0.127	7.887
32	1240	101	0.180	5.545
33	1280	43	0.077	13.023
34	1320	14	0.025	40.000
35	1360	7	0.015	68.571
36	1400	67	0.140	7.164
37	1440	95	0.198	5.053
38	1480	129	0.269	3.721
39	1520	110	0.229	4.364
40	1560	113	0.235	4.248
41	1600	94	0.196	5.106
42	1640	89	0.185	5.393
43	1680	68	0.142	7.059
44	1720	47	0.098	10.213
45	1760	61	0.127	7.869

---

46	1800	60	0.125	8.000
47	1840	72	0.150	6.667
48	1880	87	0.181	5.517
49	1920	68	0.142	7.059
50	1960	40	0.083	12.000
51	2000	10	0.021	48.000
52	2040	8	0.015	65.000
53	2080	77	0.148	6.753
54	2120	130	0.250	4.000
55	2160	109	0.210	4.771
56	2200	111	0.213	4.685
57	2240	116	0.223	4.483
58	2280	105	0.202	4.952
59	2320	92	0.177	5.652
60	2360	76	0.146	6.842
61	2400	48	0.092	10.833
62	2440	80	0.154	6.500
63	2480	78	0.150	6.667
64	2520	100	0.192	5.200
65	2560	92	0.177	5.652
66	2600	69	0.133	7.536
67	2640	77	0.148	6.753
68	2680	24	0.046	21.667
69	2720	11	0.021	47.273
70	2760	67	0.129	7.761
71	2800	122	0.235	4.262
72	2840	104	0.200	5.000
73	2880	133	0.256	3.910
74	2920	132	0.254	3.939
75	2960	130	0.250	4.000
76	3000	77	0.148	6.753
77	3040	69	0.133	7.536
78	3080	58	0.112	8.966
79	3120	56	0.108	9.286
80	3160	78	0.150	6.667
81	3200	93	0.179	5.591
82	3240	110	0.212	4.727
83	3280	65	0.125	8.000
84	3320	54	0.104	9.630
85	3360	10	0.019	52.000

---