

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



Propuesta de mejora de los tiempos de atención de reclamos
en Aguas Andinas S.A.

Por

Felipe Guillermo Hernández Montoya

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía: Carmen Ortiz Zaldívar

Enero, 2017

Agradecimientos

A mi amor, amiga y compañera de todos estos años. Gracias por apoyarme, por tener paciencia y motivarme durante este tiempo. Eres el pilar fundamental de mi vida, te amo
Franchesca Díaz.

A mi familia; Pablo, Mama, Marcel y Martin, por su cariño, apoyo emocional y preocupación en todo momento. Los quiero mucho.

A mi profesora guía Carmen Ortiz, por su constante ayuda, buenos consejos y por compartir su experiencia académica durante todo este periodo.

Al área de planificación técnica y modelos de Aguas Andinas, en especial a Edson y Jhonier por su constante ayuda y disposición en el desarrollo de este trabajo.

Felipe Hernández Montoya.

Índice

Lista de Abreviaturas	6
Lista de Figuras	7
Lista de Tablas	9
Introducción	10
Capítulo 1: Descripción de la Empresa	12
1.1 Descripción del Servicio al cliente	17
1.1.1 Proceso de atención de móviles	18
1.2.2 Equipos de atención de reclamos Zona Antilco	21
1.2 Planteamiento del Problema	24
1.3 Objetivos generales y específicos	28
Capítulo 2: Marco Teórico	29
2.1 Sistemas y Modelos de Simulación	29
2.1.1 Teoría de colas	38
2.3 Optimización matemática	41
2.3.1 Método de Ramificación y Acotamiento	45
2.4 Justificación de la elección del método	47
2.5 Simulación con el Software Extend	48
Capítulo 3: Construcción del modelo	49
3.1 Construcción del modelo conceptual	49
3.2 Recolección de datos	52
3.3 Determinación de distribuciones de probabilidad	53
3.3.1 Ingreso de reclamos	54

3.3.2	Tiempos de traslado	57
3.3.3	Tiempos de ejecución de tareas	59
3.3.4	Tiempos incidentales en horarios laborales	60
3.4	Elaboración del modelo mediante un software computacional:.....	60
3.5	Determinación del número de corridas y Validación	71
Capítulo 4:	Diseño de Escenarios	73
4.1	Escenarios con cambios de turno	73
4.1.1	Escenario N°1: Traspaso de 2 móviles a Turno Normal.....	73
4.1.2	Escenario N°2: Traspaso de 4 móviles a Turno Normal	74
4.1.3	Escenario N°3: Traspaso de 4 móviles a Turno 24.....	74
4.1.4	Escenario N°4: Traspaso de 6 móviles a Turno 24.....	75
4.1.5	Escenario N°5: Todos los móviles con Turno Normal	75
4.1.6	Escenario N°6: Todos los móviles con Turno 24.	76
4.2	Escenarios con trabajadores adicionales	77
4.2.1	Escenario N°7: Situación actual con 2 equipos adicionales	77
4.2.2	Escenario N°8: Situación actual con 4 equipos adicionales	77
4.2.3	Escenario N°9: TN con 14, T24 con 2 y agregando 2 equipos adicionales.	78
4.3	Resumen de escenarios.....	79
4.4	Valorización de las propuestas.....	79
Capítulo 5:	Resultados	82
5.1	Resultados de los escenarios.	82
5.2	Análisis comparativo de los resultados de los escenarios.	82
Capítulo 6:	Conclusiones	87
6.1	Conclusiones Generales	87
6.2	Implementación	88

6.3 Recomendaciones	88
6.3 Trabajos Futuros	89
Bibliografía	90
Anexos	91

Lista de Abreviaturas

AA= Aguas Andinas

ALC= Alcantarillado

AP= Agua Potable

AS= Aguas Servidas

CTTA=Contratista

MAP= Medidor de agua potable

OT= Ordenes de Trabajo

SISS= Superintendencia de Servicios Sanitarios

TN= Turno Normal

T24= Turno 24 horas

Lista de Figuras

Figura 1:	Planta las Vizcachas	14
Figura 2:	Zonas comerciales.....	16
Figura 3:	Ingreso mensual de reclamos de AP.	18
Figura 4:	Proceso de atención de reclamos.....	21
Figura 5:	Cumplimiento dentro de plazos de atención, año 2013	24
Figura 6:	Causas del incumplimiento de los estándares de calidad.....	25
Figura 7:	Proceso de modelización.....	30
Figura 8:	Fases principales de un estudio de simulación.....	36
Figura 9:	Componentes de un sistema de filas.	39
Figura 10:	Características de la llegada de los clientes.	40
Figura 11:	Factores de las líneas de espera.....	41
Figura 12:	Ejemplo del método de Ramificación y Acotamiento.	46
Figura 13:	Modelo conceptual del sistema.	51
Figura 14:	Ingreso de reclamos por franja horaria – Lunes de Enero a Marzo.	54
Figura 15:	Ingreso total de reclamos por día – Mes de Enero.	55
Figura 16:	Distribución de tiempos entre llegadas de reclamos – Lunes.	56
Figura 17:	Configuración Bloques “Generator” y “Shift”.....	61
Figura 18:	Estructura de bloques del motivo “Calidad AP”.....	63
Figura 19:	Estructura de Colas de espera.....	65
Figura 20:	Configuración del bloque “Schedule”, Turno Normal.....	66
Figura 21:	Estructura de Recursos Propios, Turno Normal.....	67
Figura 22:	Estructura para separación “Móvil-Reclamo”.....	67
Figura 23:	Estructura de Viaje más Diagnóstico.	68
Figura 24:	Modelo computacional.....	70

Figura 25: Comparación de reclamos atendidos.....	83
Figura 26: Comparación de envío a CTTA por sobredemanda.....	83
Figura 27: Comparación de índice de cumplimiento.....	84
Figura 28: Comparación de costos totales.....	84

Lista de Tablas

Tabla 1:	Cobertura del servicio por zonas.....	17
Tabla 2:	Horarios de atención semanal por tipo de turno.....	23
Tabla 3:	Cantidad de móviles por rangos horarios.....	23
Tabla 4:	Resumen de distribuciones de probabilidad, tiempos entre llegadas.....	57
Tabla 5:	Resumen distribuciones de probabilidad: Tiempos de traslado.....	58
Tabla 6:	Tiempos promedios de trabajos por tipos de tareas.....	59
Tabla 7:	Tiempos incidentales.....	60
Tabla 8:	Porcentajes y Prioridades por tipo de OT.....	62
Tabla 9:	Calculo del número corridas por variable de respuesta.....	72
Tabla 10:	Características de Escenario N°1.....	73
Tabla 11:	Características de Escenario N°2.....	74
Tabla 12:	Características de Escenario N°3.....	74
Tabla 13:	Características de Escenario N°4.....	75
Tabla 14:	Características de Escenario N°5.....	76
Tabla 15:	Características de Escenario N°6.....	76
Tabla 16:	Características de Escenario N°7.....	77
Tabla 17:	Características de Escenario N°8.....	78
Tabla 18:	Características de Escenario N°9.....	78
Tabla 19:	Resumen de cantidad de equipos por escenario.....	79
Tabla 20:	Costos de envío a CTTA.....	80
Tabla 21:	Remuneración según turno de atención.....	80
Tabla 22:	Resultados de escenarios.....	82

Introducción

El presente trabajo de título tiene como objetivo diseñar una metodología que permita mejorar los estándares de calidad de atención de reclamos. En los últimos años, un sector comercial de la empresa Aguas Andinas ha obtenido resultados deficientes en materia de cumplimiento, eficiencia y calidad de los servicios, específicamente en aquellos relacionados con la atención de reclamos de agua potable. La meta de cumplimiento es establecida por la norma ISO 9001 de la empresa, la cual exige cumplir con estándares de calidad sobre la atención de reclamos, especificando que el 80% de los reclamos mensuales deben tener una solución provisoria antes de las 12 horas en el caso de los reclamos urgentes, y un tiempo máximo de 24 horas para los reclamos normales. Meta que en la empresa no se pudo cumplir durante todo el año 2013.

La metodología utilizada para resolver el problema, considera el desarrollo de un modelo de simulación que busca reducir los tiempos de atención de reclamos a partir de modificaciones en la cantidad de equipos que atienden por turno. Para el diseño del modelo se consideró información histórica basada en los meses de Enero, Febrero y Marzo, con la cual se analizaron los tiempos de ingreso entre reclamos y tiempos de viaje para asumir distribuciones de probabilidad que representan los distintos eventos y procesos del sistema. Para obtener soluciones factibles, se incorporan las restricciones laborales establecidas por los horarios de cada turno, tiempos muertos o incidentales en el horario de trabajo y tiempos de ejecución de trabajos. Por último, se plantean modificaciones en la cantidad de trabajadores por turnos, lo que busca encontrar sinergia en la utilización de los recursos humanos y el cumplimiento de los estándares establecidos. Además, evaluar las consecuencias de mantener o agregar móviles con respecto a los tiempos de atención.

En el análisis se abordó el caso de los meses con mayor ingreso de reclamos. Posterior a aplicar el modelo, se obtuvo mejoras en los índices de cumplimiento de atención que aumentaron un 33 % respecto a la situación actual. En adición, el mejor de los escenarios reflejó una reducción total de los costos atribuibles a envío de trabajos a contratistas.

Como trabajos futuros se propone desarrollar un modelo con alternativas de resolución para escenarios con menor ingreso de reclamos y evaluar si los recursos llegan a estar ociosos respecto a las variaciones en los tipos de turno.

Capítulo 1: Descripción de la Empresa

Aguas Andinas es una empresa sanitaria privada que abastece de servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas a más de 1,8 millones de clientes en la región Metropolitana. Los cuales pueden ser de carácter residencial, comercial e industrial y representan una población estimada de más de 6,8 millones de habitantes.

Por otro lado, sus filiales no sanitarias brindan servicios relacionados al giro, como el tratamiento de residuos industriales líquidos y los análisis de laboratorio. De esta manera Aguas Andinas es uno de los principales grupos sanitarios del país y uno de los más grandes de América Latina.

Como empresa Aguas Andinas S.A. tiene como misión dar plena vida a los habitantes y al medio ambiente de la cuenca de Santiago. Por otro lado, la organización tiene como visión ser reconocida por la comunidad satisfaciendo plenamente a sus clientes a través un trabajo excelente, rentable y sustentable.

Comienza a funcionar en el año 1861, con la creación de la Empresa de Agua Potable de Santiago, iniciando los estudios para mejorar la captación de aguas de la Quebrada Ramón y la construcción de los primeros estanques para almacenar agua. Conjunto a esto, 10 años después, se da inicio al programa de obras para obtener aguas filtradas del río Mapocho.

Cuando se da un impulso a la construcción de redes de agua potable y alcantarillado en la ciudad, gracias a la promulgación de la ley de alcantarillado y agua potable en Santiago, la organización pasa a llamarse Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS).

En 1989 la empresa es transformada en sociedad anónima, convirtiéndose en filial de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Luego, con la inauguración del edificio corporativo en 1997 en la comuna de Santiago, el 51,2% de la propiedad de la empresa es adquirido por la Sociedad Inversiones Aguas Metropolitanas Ltda., conformada por el Grupo Agbar y el grupo Suez.

Junto a lo señalado, se inician actividades para expandir los servicios en la región metropolitana y comienzan a operar las plantas de tratamiento de aguas servidas El Trebal y La Farfana. Asimismo, se inaugura la planta de agua potable La Florida y se constituyen las filiales Anam y EcoRiles.

Con el fin de establecer una estandarización de los procesos que asegurase el cumplimiento de los patrones exigidos por la propia empresa, en el 2003 AA obtiene la certificación internacional ISO 9000 en atención al cliente. Además, un año después, la organización establece un sistema para abordar la gestión de calidad, obteniendo la certificación ISO 9001 para los procesos de facturación, recaudación y cobranzas. Conjuntamente, el 2005 la empresa también adquiere las certificaciones OHSAS 18001 y ISO 14001, de seguridad y salud ocupacional y gestión ambiental respectivamente.

Actualmente, AA es una de las empresas sanitarias más grande del país, abasteciendo a más de 1,8 millones de clientes de agua potable, cuenta con una dotación general de 1015 trabajadores directos a largo de sus concesiones. Reflejo de su desempeño, en Junio del 2012 recibe el premio a mejor empresa entregado por ICARE (Instituto Chileno de Administración Racional de Empresas), el cual es otorgado a organizaciones que se han destacado por su contribución a la actividad empresarial.

Los principales servicios que otorga la empresa se pueden dividir en tres: abastecimiento de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas. Para comprender con mayor exactitud estos servicios se explicaran brevemente a través del ciclo del agua en las diferentes instalaciones.

Captación y Producción

Una de las fuentes hídricas primordiales de captación corresponde a las aguas superficiales, provenientes principalmente de los ríos Mapocho y Maipo. Además, con fin de asegurar el abastecimiento constante de agua a la gran cantidad de clientes, existen reservas donde se almacena el agua extraída, ejemplo de los embalses más importantes son: Embalse Laguna Negra, El Yeso y Laguna el Encañado, con capacidades máximas de 600 millones de m^3 , 220 millones de m^3 y 50 millones de m^3 respectivamente. Por otro lado, se encuentran las fuentes secundarias de captación, correspondientes a aguas subterráneas localizadas a lo largo de las áreas de concesión, la extracción se hace mediante más de 300 pozos profundos y drenes. Es importante mencionar, que las fuentes superficiales corresponden a un 85,84% de las aguas captadas, mientras que las acuíferas a un 14,16%.

Asimismo, para que el agua captada sea apta para el consumo humano, debe pasar por una serie de fases que permiten eliminar la suciedad y turbiedad de la misma. La etapa de potabilización se realiza a través de dos tipos de procesos, el primero consiste en la eliminación física de elementos como ramas papeles, gravilla, arena, entre otros. La segunda es un proceso Químico-Físico de clarificación del agua que consiste principalmente de las siguientes etapas: Coagulación primaria, Floculación primaria, Predecantación, Segunda etapa de Coagulación y Floculación, Filtración, Cloración y Fluoración. Finalmente, después de pasar por todas estas fases, el agua cruda se transforma en agua potable.

La organización posee múltiples instalaciones de producción que emiten $33,4 \text{ m}^3/\text{s}$ en la región, entre las que destacan el Complejo las Vizcachas y la Planta La Florida.



Figura 1: Planta las Vizcachas.

Fuente: Memoria anual 2012 de AA.

Distribución

Para poder abastecer a la gran cantidad de clientes de la zona metropolitana, el agua potable sale de las plantas de producción, a través 5 grandes acueductos, hasta los estanques ubicados en múltiples lugares a lo extenso de la región. Luego se distribuye a través de tuberías subterráneas, las cuales para fines del año 2012 alcanzaron los 11.572 kilómetros. Finalmente, el servicio es entregado a los hogares de los clientes de acuerdo a como lo demanden. En adición, es relevante mencionar que casi todo el trazado de las tuberías está alineado con las calles y están monitoreados constantemente por un Centro de Control

Operativo, el cual inspecciona todas las redes de distribución y todas las instalaciones productivas de agua potable, asegurando su correcto funcionamiento e interconexión, garantizando el suministro constante hacia los clientes.

Recolección y Alcantarillado

Una vez que el agua es consumida y usada para fines domésticos, pasa a denominarse aguas servidas. Luego son conducidas desde los hogares de los clientes hasta el sistema de alcantarillado, donde son recolectadas y evacuadas, evitando el contacto directo con las personas. Registros de la organización para fines del año 2012, indicaron que la longitud de la red de alcantarillado alcanzo los 9.432 kilómetros, teniendo un aumento del 1.1% respecto al año anterior.

Tratamiento

Desde el sistema de alcantarillado, las aguas contaminadas son conducidas hasta las plantas de tratamiento o puntos de disposición final, donde son depuradas con la finalidad de dejarlas en óptimas condiciones para su reintegración al medio ambiente.

Aguas Andinas cuenta con tres grandes plantas de tratamiento, El Trebal, La Farfana y Mapocho, esta última comenzó a operar el tercer trimestre del año 2013 y es una de las instalaciones más importantes del plan de saneamiento hídrico de aguas servidas. Este proyecto significo una inversión de 230 millones dólares y tiene como objetivo principal sanear el 100% de las aguas residuales de la cuenca Metropolitana.

Además de las instalaciones principales, existen 10 plantas más pequeñas ubicadas en localidades periféricas. En conjunto, estas instalaciones alcanzan una cobertura de tratamiento de aguas servidas del orden del 87%.

Para fines del año 201, se lograron tratar aproximadamente 278.100.000 m^3 de aguas servidas, abasteciendo de aguas descontaminadas a personas que las utilizan principalmente para riego de frutas y hortalizas, evitando posibles fuentes de transmisión de enfermedades en los productos agrícolas en las que son utilizadas.

Las zonas de concesión de Aguas Andinas incluyen un extenso territorio en la cuenca de Santiago, abarcando 70 mil hectáreas que limitan al norte con la cuesta de Chacabuco y al sur con Angostura de Paine, en la depresión intermedia del centro geográfico del país.

Para atender a la gran cantidad de clientes de la Región Metropolitana, el área de concesión de la empresa está dividida en 4 sectores principales: Antilco, Condillera-Mapue, Mapocho y Maipo.

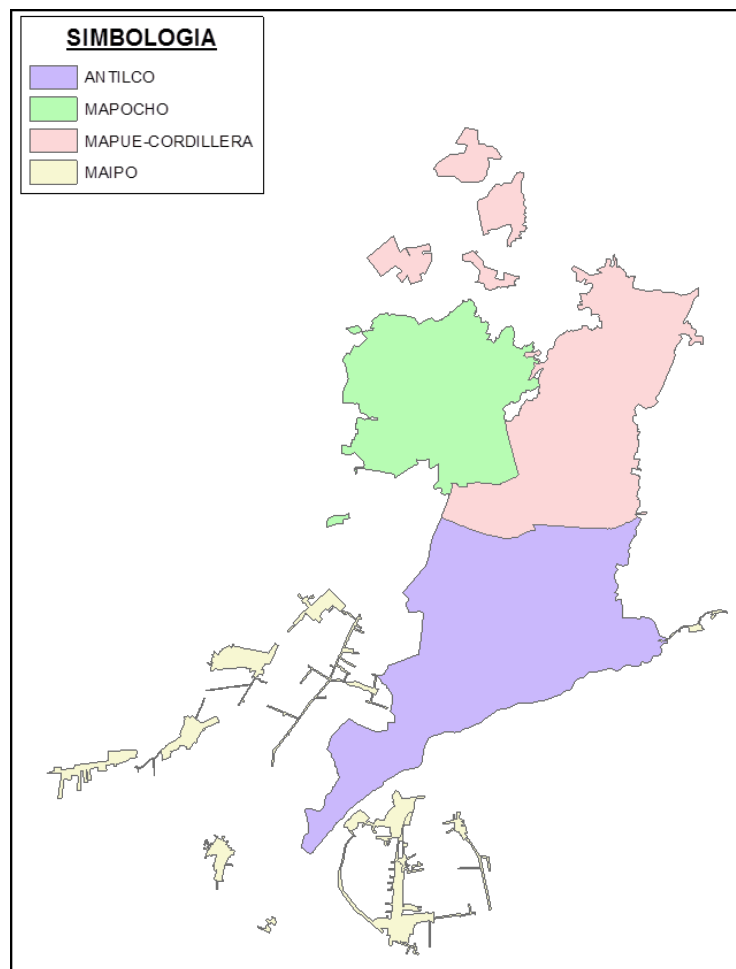


Figura 2: Zonas comerciales.

Fuente: Elaboración propia.

Estos sectores tienen cobertura de servicio para las diferentes localidades de la región, tal como se muestra en la Tabla 1.

Zona	Localidades
Maipo	Padre Hurtado, Calera de Tango, Peñaflo, Valdivia de Paine, Malloco, Buin, El Monte, Linderos, El Paico, Paine, Pomaire, Alto Jahuel, Melipilla, Pirque, Isla de Maipo, San José de Maipo, Talagante, Curacaví, Til-til.
Cordillera-Mapue	Las Condes, Providencia, Ñuñoa, La Reina, Macul, Peñalolén, San Joaquín, San Miguel, Pedro Aguirre Cerda, Vitacura, Lo Barnechea
Mapocho	Quilicura, Renca, Cerro Navia, Pudahuel, Lo Prado, Quinta Normal, Conchalí, Independencia, Estación Central, Santiago, Recoleta
Antilco	San Bernardo, Lo Espejo, La Cisterna, La Granja, La Pintana, La Florida, San Ramón, El Bosque, Puente Alto.

Tabla 1: Cobertura del servicio por zonas.

Fuente: Memoria anual 2012 de AA.

Además de estas localidades, en el sur del país, la zona de concesión de las regiones de Los Lagos y de Los Ríos, es abastecida por la filial ESSAL (Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos), la cual tiene una cobertura que incluye a 33 localidades de las provincias de Valdivia y Ranco en la Región De Los Ríos, y Osorno, Llanquihue, Chiloé y Palena en la Región De Los Lagos.

1.1 Descripción del Servicio al cliente

El servicio de agua potable consta de un Centro de Contacto ubicado en el Edificio Corporativo de la empresa, donde los clientes pueden realizar sus consultas o reclamos mediante vía telefónica las 24 horas, en cualquier día del año.

Las estadísticas del año 2013 indican que se realizaron 47.205 reclamos, solamente en la zona Antilco, siendo la zona que atiende más requerimientos en toda la empresa, aproximadamente el 40% del total de reclamos generados por los clientes de agua potable.

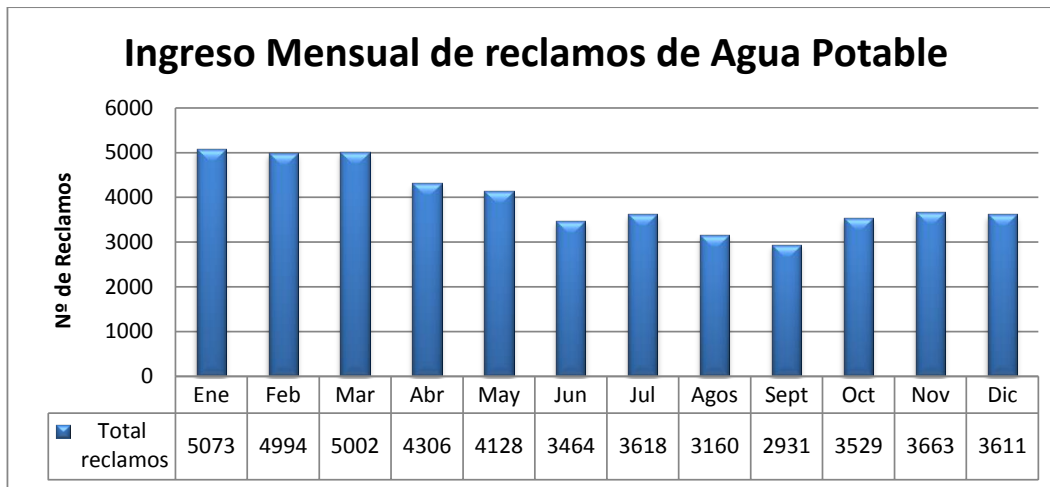


Figura 3: Ingreso mensual de reclamos de AP.

Fuente: Elaboración propia con datos de AA.

Como se puede observar en la Figura 3, los meses con mayor ingreso de reclamos se producen desde Enero a Marzo, obteniéndose el máximo de 5.073 reclamos en el mes de Enero. Por otro lado, el mes con menor ingreso es Septiembre con 2.931 reclamos, esta baja se puede atribuir a la gran cantidad de feriados que hay en ese mes.

1.1.1 Proceso de atención de móviles

Cuando se genera un reclamo a través de los llamados telefónicos de los clientes, los operadores del Centro de Contacto asignan el reclamo a la zona correspondiente, lo clasifican por motivo del problema y le asocian un tipo de Orden de Trabajo [Ver Anexo N°1]. Por ejemplo, un cliente que llama y detalla que encontró el agua de un color anormal, se le asocia el motivo “Calidad del agua” y el tipo de OT “Color Extraño”. En algunas ocasiones, los operadores del Centro de Contacto ingresan mal el motivo y tipo de OT, debido a que los motivos corresponden a problemas masivos, por lo que deben anular la OT y asociarla al motivo masivo correspondiente. Luego de esto, los operadores le asignan la prioridad dependiendo del tipo de OT, la cual puede variar en 3 diferentes clasificaciones:

- **Reclamo Urgente:** corresponden a los requeridos para resolver emergencias en que se produce la interrupción del servicio o daños a la propiedad en arranques y uniones domiciliarias, que impliquen corte del servicio de agua potable, obstrucción a la unión domiciliaria, o eventos con daño a la propiedad, o se provoca inundaciones mayores en la vía pública, o en la propiedad pública o privada, así como cualquier evento que la empresa determine que conlleva peligro para las personas. La cantidad histórica de este tipo de trabajos es del orden de 15% del total de las órdenes emitidas. Al ser reclamos con mayor prioridad el tiempo máximo para llegar al lugar de la emergencia y solucionar el problema es de 12 horas. Ejemplo de un reclamo urgente es la OT con nombre “Grifo Chocado”.
- **Reclamo Agendado:** corresponden a trabajos normales de reparación de conexiones domiciliarias, diferidos para su atención, de común acuerdo con el cliente, en una oportunidad que escapa a los plazos estándar definidos, permitiendo adecuarse a la disponibilidad del interesado y ajustar las fluctuaciones diarias y horarias de demanda de requerimientos entrantes.

Corresponden a los reclamos con prioridad intermedia y su asignación desde el momento de ingreso es de 24 horas.

- **Reclamo Normal:** corresponden a las obras requeridas para resolver emergencias hidráulicas, en las que no se encuentra comprometida la continuidad del servicio, ni provocan inundación o daños en la vía pública, ni en la propiedad pública o privada. La mayoría de las órdenes emitidas corresponden a este tipo de trabajos, representando alrededor de un 75% de las órdenes emitidas. Son los reclamos que tienen menor prioridad y deben atenderse antes de 24 horas desde el momento en que se realizan. Ejemplo de un reclamo normal es la OT “Color Extraño”.

Finalmente, cuando se establecen todos estos criterios, el reclamo es almacenado en la base de datos y enviado a la zona correspondiente para su atención.

Posteriormente, los programadores de las zonas distribuyen las OT en orden de prioridad a los distintos móviles. Es importante mencionar que los programadores tienen una pantalla en tiempo real que indica la posición y actividad que están realizando los móviles, así como la

ubicación de las OT. Una de las tareas principales de los programadores, es asignar a los equipos, las tareas más cercanas a su ubicación que cumplan con los requisitos de prioridad.

Una vez que los equipos de atención llegan al domicilio, realizan un diagnóstico del problema donde pueden ocurrir 4 posibles opciones:

- Si el equipo de trabajo llega y no encuentra a nadie en el domicilio, la OT se reprograma para el día siguiente.
- Si el móvil llega y no encuentra problema al momento de la visita, la OT se clasifica como “Desestimada” y el equipo de trabajo se retira del lugar, trasladándose a la siguiente tarea.
- Si el problema no puede ser resuelto por el equipo de trabajo, ya sea por la complejidad del problema o por la de falta de herramientas para ejecutar dicha tarea, el equipo realiza una solución provisoria y el trabajo es enviado a contratista. Posteriormente el móvil se retira del lugar, trasladándose a la siguiente tarea.
- Si el problema puede ser resuelto por el móvil, éste ejecuta la tarea, para luego finalizar la OT y continuar con las siguientes actividades.

Finalmente, después del retiro del móvil del domicilio, los operadores del Centro de Contacto se comunican nuevamente con el cliente y le preguntan si el móvil; ejecutó la tarea, solucionó el problema o si simplemente no se presentó al domicilio. En la Figura 4 se detalla el proceso de atención de reclamos con cada uno de sus participantes.

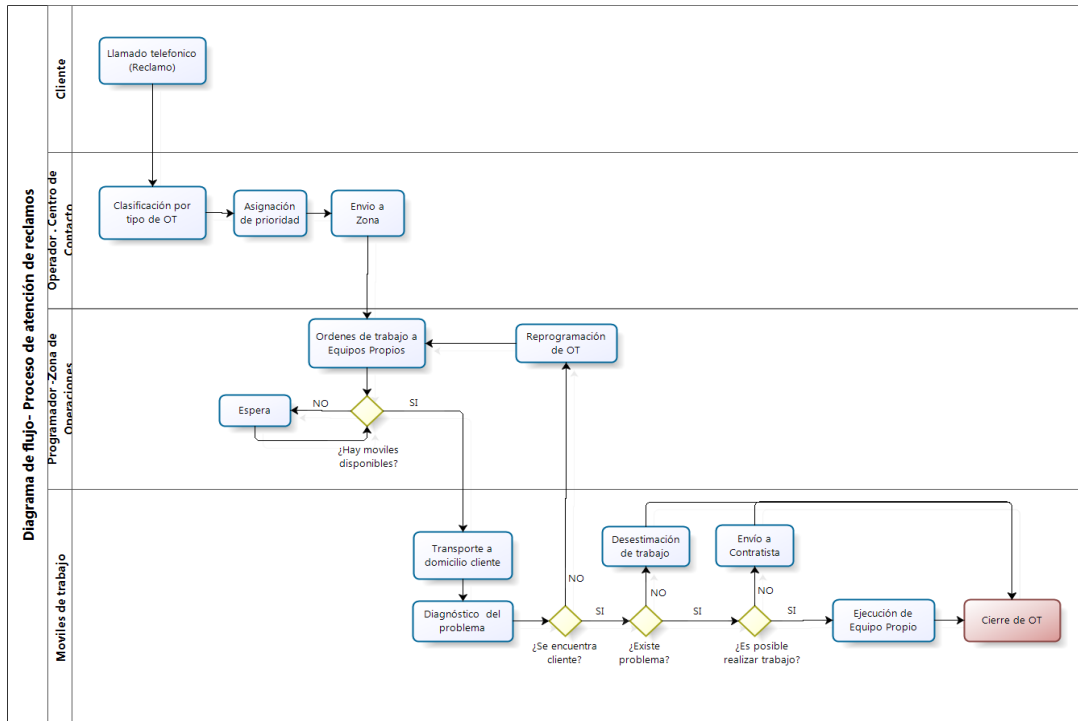


Figura 4: Proceso de atención de reclamos.

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2 Equipos de atención de reclamos Zona Antilco

Actualmente, la zona Antilco posee en total 16 trabajadores que se distribuyen en diferentes turnos. Su principal función es solucionar los problemas asociados a reclamos de agua potable a través de trabajos técnicos, entre las tareas que se realizan se encuentran: cambio de medidor, inspección de una red, reparaciones de matriz, ajustes de válvula reguladoras, entre otras soluciones. En adición, las reparaciones que se ejecutaron con mayor frecuencia el año 2013 fueron las reparaciones, instalaciones y cambios de llaves de paso, tanto interiores como exteriores del sistema de arranque del agua potable, alcanzando 11.935 reclamos solucionados para el mismo año. Por otro lado, para el transporte la zona tiene disponible 18 vehículos, los cuales son utilizados individualmente por cada uno de los

trabajadores, los vehículos sobrantes en las jornadas de trabajo quedan estacionados en la misma zona o simplemente son utilizados para otras tareas no relacionadas con la atención de reclamos.

La base zonal de los móviles se encuentra ubicada Av. Santa Rosa N° 9130, en la comuna de la Granja. Es en este lugar donde los equipos inician su jornada laboral, poniéndose la vestimenta de trabajo y cargando los vehículos con las cajas de herramientas correspondientes. Luego de que se les asigna una orden trabajo, los equipos están listos para trasladarse al domicilio de los clientes y ejecutar la tarea, el tiempo de ejecución varía dependiendo del tipo de motivo y experticia del trabajador, aunque normalmente no supera los 25 minutos de trabajo.

En general, el servicio tiene cobertura en todas las localidades pertenecientes a la zona Antilco, mencionadas anteriormente en la Tabla 1, pero las localidades con mayor generación de reclamos son las comunas de Puente Alto y la Florida, las cuales corresponden a un 32% y un 19% respectivamente, de la totalidad de reclamos ingresados en la zona.

Estructura y tipos de turnos

Para poder cubrir la gran cantidad de reclamos generados en el transcurso de la semana, a los trabajadores se les puede asignar 2 tipos de turnos, denominados Turno Normal y Turno 24. El primero, es un turno que atiende exclusivamente de lunes a viernes desde las 8:30 horas de la mañana hasta las 17:18 horas de la tarde y en el cual participan 8 equipos de trabajo constantemente. El segundo, es un turno que atiende de Lunes a Domingo, pero su horario varía de acuerdo a la estructura de turno que le haya tocado en la semana. Al igual que el turno TN, en el T24 trabajan 8 operadores.

Nombre	N° de equipos asignados	Tipo de Turno	Días	Horario
Turno Normal	8	-	Lunes a Viernes	08:30 a 17:18 hrs
Turno T24	4	Mañana	Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs
			Domingo	09:30 a 19:30 hrs
	4	Tarde	Lunes a Viernes	13:42 a 21:00 hrs
			Sábado (1)	10:30 a 20:30 hrs
			Sábado (2)	08:30 a 18:30 hrs

Tabla 2: Horarios de atención semanal por tipo de turno.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 2, existen 2 distintos turnos para los equipos que trabajan en el turno T24. En el turno mañana se asignan 4 equipos, de los cuales 4 deben atender el día domingo. Por otro lado el turno tarde tiene asignado 4 equipos, de los cuales 2 trabajan el día sábado entre 08:30 a 18:30 hrs y 2 trabajan de 10:30 a 20:30 hrs. Esta distribución genera que a lo largo del día haya diferentes cantidades de móviles atendiendo reclamos.

Días	Rango horario	N° Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12
	15:18 a 17:18 hrs	12
	17:18 a 21:00 hrs	4
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	4
	18:30 a 20:30 hrs	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	4

Tabla 3: Cantidad de móviles por rangos horarios.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar, que esta distribución de la cantidad de móviles considera los dos tipos de turnos atendiendo y se encuentra presente durante todos los meses del año.

1.2 Planteamiento del Problema

El problema que se logró identificar en la empresa fue específicamente en el funcionamiento de los equipos que atienden los reclamos de agua potable de la Zona Antilco. La distribución actual de los móviles en los diferentes turnos no está cumpliendo con los estándares de calidad de atención establecidos por la Norma ISO 9001 de la empresa. Este sistema establece que el 80% de los reclamos mensuales clasificados como urgentes deben ser atendidos antes de 12 horas, mientras que los reclamos caracterizados como normales deben ser atendidos antes de 24 horas.

Actualmente existen periodos en el día en que los móviles no dan abasto con el ingreso de reclamos y se producen colas de reclamos, generando que los clientes deban esperar hasta más de 12 horas para que les resuelvan su problema.

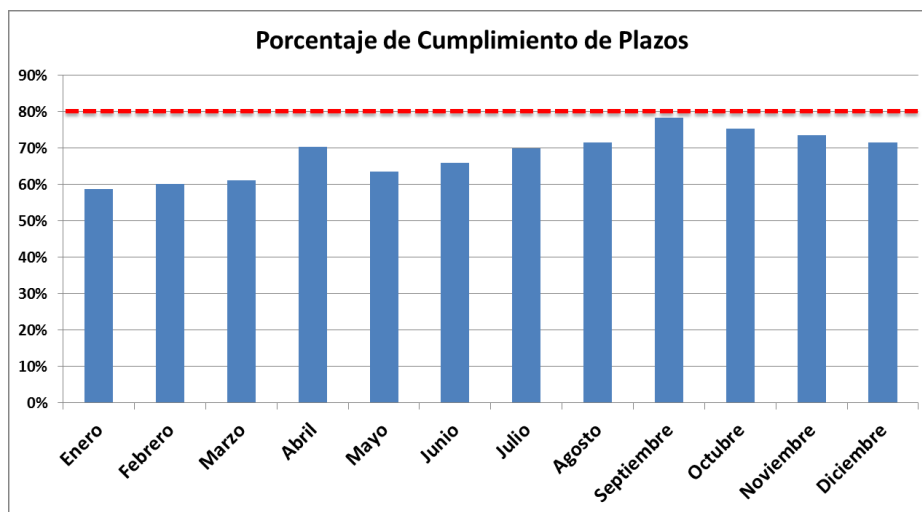


Figura 5: Cumplimiento dentro de plazos de atención, año 2013

Fuente: Elaboración propia con datos de AA

La Figura 4 muestra el porcentaje mensual de reclamos atendidos dentro de los plazos. La gráfica señala que los meses con peor desempeño fueron Enero, Febrero y Marzo donde se alcanzó solo un 59,8%, 60,6% y un 61,1% respectivamente. Esto se debe principalmente a que son los meses donde se produce la mayor demanda de requerimientos. Por otro lado, el único

mes que se acerca a la meta mencionada, corresponde al mes de Septiembre con un 78,38% de cumplimiento. Se puede observar que durante todo el año 2013 no se pudo cumplir con el 80% de reclamos atendidos dentro del plazo, lo que refleja un déficit frente a los estándares de calidad hacia los clientes como los establecidos por la misma empresa. En adición, para determinar las principales causas que producen el problema, se desarrolló un diagrama de espina de pescado o mejor conocido como “Diagrama de Ishikawa”.

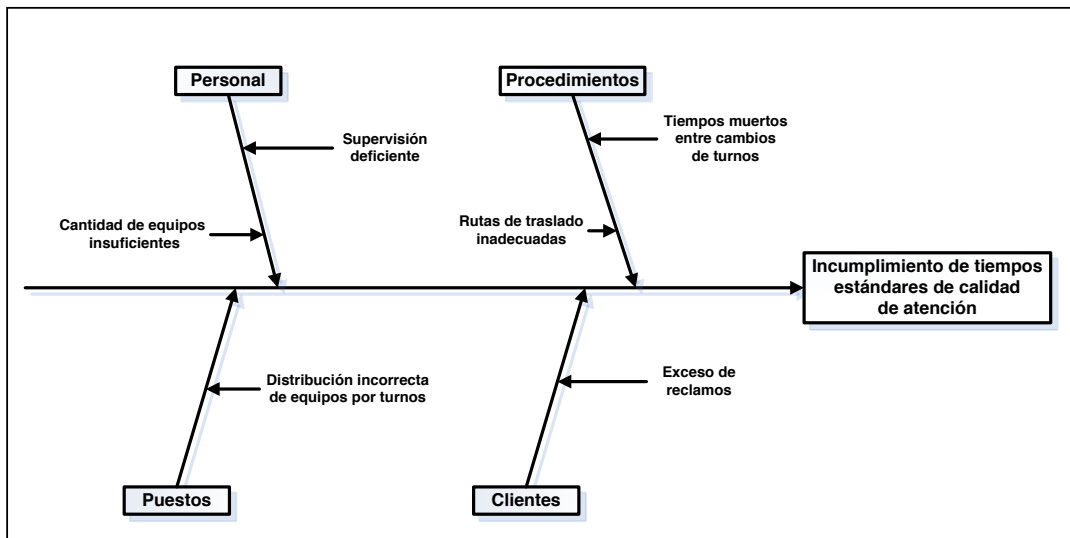


Figura 6: Causas del incumplimiento de los estándares de calidad.

Fuente: Elaboración propia con datos de AA.

A continuación se detalla una descripción de cómo influyen cada una de las causas mencionadas en el problema principal del diagrama:

Personal:

- **Supervisión deficiente:** se refiere a la poca fiscalización sobre los equipos de trabajo en terreno que provoca que se pierda el control de los trabajadores respecto a las tareas que realizan. Esto se reflejado en tiempos excesivos en la ejecución de tareas como en los tiempos de traslado hacia los domicilios.

- **Cantidad de equipos insuficiente:** en ocasiones la cantidad de equipos atendiendo no da abasto con el ingreso de reclamos provocando una acumulación de ellos, y por lo tanto, tiempos de espera por sobre el estándar establecido.

Procedimientos:

- **Tiempos muertos entre cambios de turnos:** los cambios de turnos entre el TN y el T24 significan que los móviles deben volver a la base zonal, estacionar los móviles y hacer cambio de herramientas. Estos cambios producen tiempos muertos que superan los 40 minutos.
- **Rutas de traslado inadecuadas:** las rutas de traslado hacia los domicilios de los clientes son generadas por un algoritmo de ruteo que muchas veces no otorga la ruta óptima. Esto genera problemas con el envío de dos móviles al mismo sector o lugar cercano y rutas de traslado largas o inadecuadas para los equipos.

Puestos:

- **Distribución incorrecta de equipos por turnos:** la cantidad de equipos que se reparte por turnos genera que en horarios donde se produce un mayor ingreso de reclamos se disponga de una escasa cantidad de trabajadores repercutiendo en una atención lenta.

Clientes:

- **Exceso de reclamos:** existen reclamos erróneos de parte de los clientes que no corresponden a ningún problema al momento de la visita del personal, provocando que la espera de la atención de los reclamos reales aumente.

Cabe mencionar, que aunque sería importante cuantificar la frecuencia en que se producen estas causas, no se dispone de la información necesaria para realizar este análisis. Sin embargo, de las causas mencionadas del problema se seleccionan los motivos: “Cantidad de equipos insuficiente” y “Distribución incorrecta de equipos por turnos”, debido a que son las que tienen un mayor impacto sobre el incumplimiento y son las que se pueden abordar en este trabajo a partir de modificaciones en la programación de los turnos. Es decir, se evaluará que pasaría si se cambiara cierta cantidad de equipos a horarios de la tarde, mañana o

simplemente de turno. Además, evaluar las consecuencias de mantener o agregar móviles con respecto a los tiempos de atención.

1.3 Objetivos generales y específicos

Objetivo general:

Desarrollar una propuesta que permita reducir los tiempos de atención de reclamos de agua potable para mejorar los estándares de calidad de la zona Antilco de Aguas Andinas S.A.

Objetivos específicos:

- Determinar cuántos turnos de atención deben cambiar.
- Evaluar cambios en la cantidad de móviles por esquema de turno.
- Evaluar un aumento en la dotación de cuadrillas de atención.

Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se investigó sobre distintos estudios existentes que aportaron una visión general para abordar el problema e ideas para el desarrollo de la tesis. Los problemas más comunes que se abordan en estos servicios, tienen relación con: evaluar la capacidad de las distintas áreas, los largos tiempos de espera de los clientes para ser atendidos, asignación óptima de personal o realizar evaluación de nuevos procesos. Por ello, se analizaron 2 herramientas básicas que pueden servir para resolver el problema y evaluar cómo mejorar el servicio de atención que son la simulación y la optimización.

2.1 Sistemas y Modelos de Simulación

Antes de hablar de los modelos de simulación se tiene que definir en primer lugar, que es el concepto sistema, tal como menciona Barceló (1996, p.18) un sistema es un “conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objetivo”. Es decir, dependiendo del resultado final que se quiera alcanzar, se agregan componentes al sistema, contemplando el problema como un todo y no por sus partes aisladamente.

Una forma de describir el funcionamiento de los procesos es través de la “Modelación”. Esta herramienta es de gran utilidad para conocer el panorama general del sistema, mostrando cómo se combinan los diferentes componentes para producir algún resultado. Al detallar las relaciones que hay entre los componentes de un sistema, se facilita enormemente la comprensión de los vínculos entre las actividades y el impacto que tiene entre sí.

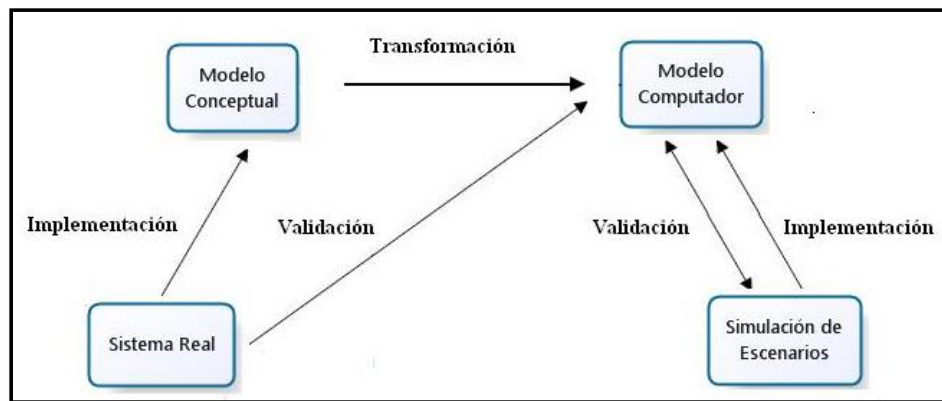


Figura 7: Proceso de modelización.

Fuente: Adaptación grafica de Fernández A. & Pulgar M.(2010).

La simulación es una técnica que permite recrear algunos aspectos de la realidad con gran similitud, a través de la computación. Su objetivo es determinar cómo funcionaría un sistema específico, o como operaría frente a ciertos cambios. Cabe mencionar, que la simulación puede ser aplicada en sistemas, tanto reales como diseñados, si es que estos, no existen.

El principal beneficio de los modelos de simulación radica en que se pueden simular sistemas que en su aplicación y experimentación real tienen altos costos o riesgos latentes, que podrían provocar un colapso en los procesos o resultar poco viables. Esta herramienta es adecuada especialmente para situaciones en las que el tamaño o la complejidad del problema, dificulta o hace imposible la utilización de técnicas de optimización.

Una vez construido el modelo se puede comprobar cómo se comporta el sistema frente a diferentes situaciones, ya sea, el aumento o reducción de uno de los recursos, incremento en la producción o simplemente la agregación o eliminación de un subproceso. En resumen, la simulación ayuda a demostrar los efectos de los cambios en las variables del sistema, el control del tiempo real y el desarrollo de nuevas ideas.

Actualmente, existen múltiples softwares de simulación que permiten el análisis detallado de los procesos en determinadas funciones de las empresas, ya sea de procesos de

fabricación, logística, servicio al cliente, así como el análisis de procesos en los que intervienen varias áreas funcionales. Entre los programas más reconocidos a nivel internacional están Flexsim, Promodel, Simul8, Witness, Arena, Simio, entre otros, los cuales poseen diferentes herramientas y algoritmos diseñados para resolver problemas relacionados con distintos ámbitos de la industria.

Con respecto a los precios del software, las licencias para las versiones más simples de simulación bordean los \$1.000 dólares. Mientras las versiones más completas, que incluyen diferentes complementos para facilitar su uso, cuestan aproximadamente \$5.000 dólares.

Tipos de modelos de simulación

Los sistemas de simulación se pueden clasificar en función de 3 categorías: Aleatoriedad, Tipos de variables y el Tiempo (Fernández A. & Pulgar M.,2010).

- **Por Aleatoridad:**

- **Determinísticos:** las variables no varían al aleatoriamente, sino que los datos a utilizar se conocen con exactitud. Los modelos determinísticos son útiles para controlar situaciones complicadas, donde hay que tomar decisiones con diversas restricciones. Suponen relaciones exactas para las características de operación, en vez de funciones de probabilidad.
- **Estocásticos:** son modelos en donde al menos una de las características está dada por la probabilidad de ocurrencia y la distribución de la probabilidad. Consideran los datos modelados como variables al azar y tienen mayor complejidad que los modelos determinísticos.

- **Por Tipo de variables:**

- **Discreto:** son aquellos sistemas en que las variables de estado cambian en instantes separados de tiempo y se estudian únicamente en esos puntos

seleccionados, para su realización se debe respetar el orden de ocurrencia en el tiempo del evento. Se rigen por secuencias lógicas que muestran condiciones para que un evento determinado ocurra. Por ejemplo un sistema de servicios, en donde los clientes se agregan a una cola, en espera de un servicio y posteriormente al ser atendidos se retiran del lugar.

- **Continuos:** son aquellos sistemas, donde las variables de estado cambian de forma continua con el paso del tiempo. Este sistema se monitorea en todos y cada uno de los puntos en el tiempo. Por ejemplo, las variables de un avión en vuelo como; la velocidad, posición, etc.

- **Por tiempo:**

- **Estáticos:** son aquellos sistemas que se representan en un instante en el tiempo, donde las decisiones se toman en un solo periodo sin considerar repercusiones para los periodos futuros. En este modelo no consideran explícitamente la variable tiempo, ya que no es un parámetro importante.
- **Dinámicos:** son aquellos que consideran las interacciones que varían con el tiempo, existen 2 tipos: continuas y discretas. Las decisiones de un periodo se ven afectadas por acontecimientos anteriores y las decisiones actuales pueden afectar el comportamiento futuro del modelo.

Componentes de un modelo de simulación

- **Estado:** caracterización de las entidades con sus atributos componentes, en un instante determinado. Es decir, el conjunto de variables necesarias para describir el sistema.

- **Variables:** información que detalla algunas características del sistema, sin tomar en cuenta, las entidades que haya alrededor. Una variable no está unida a ninguna entidad, sino más bien pertenecen al sistema en su totalidad.
- **Entidades:** son los objetos que se mueven alrededor del sistema durante un periodo y posteriormente, se van o en casos especiales siguen circulando en el sistema. También cambian de estatus, afectan y son afectados por otras entidades y el estado del sistema. En resumen, son los objetos de interés que constituyen el sistema.
- **Atributos:** propiedades que caracterizan a las entidades pertenecientes al sistema, son valores específicos que diferencian unas entidades con otras. Un mismo atributo puede tener diferentes valores para distintas entidades. Por ejemplo: diferentes partes, tiene distintos códigos de colores, fechas límites, prioridades, etc.
- **Recursos:** son unidades que representan un servicio utilizado por las entidades, estas ocupan el recurso cuando está disponible y lo liberan cuando terminan. Ejemplos de recurso pueden ser; el área de almacenaje, un equipo, una sala de pabellones, el personal, entre otros.
- **Colas:** cuando una entidad necesita ocupar un recurso que no está disponible (por estar dando servicio a otra entidad) debe esperar a su turno para acceder al recurso. En ese caso la entidad espera en una cola. El comportamiento de la cola se puede manejar a discreción por parte de quien diseña la simulación.
- **Acumuladores estadísticos:** para que la salida de una simulación contenga información útil para quien realiza el experimento se necesita acumular datos durante el proceso. Para esto se crean los acumuladores que llevan contabilización de distintos parámetros del modelo para que luego la información necesaria esté disponible al terminar el experimento.
- **Evento:** es un acontecimiento que ocurre en un instante de tiempo de la simulación, que puede cambiar atributos o variables del sistema. Ejemplos de eventos pueden ser; Llegada, Salida, Fin, entre otros.
- **Reloj de simulación:** es una de las variables más importante, ya que contiene el tiempo actual simulado. Considera el valor del último evento ejecutado en lugar de correr tomando valores continuos como un reloj normal. Es muy importante definir las

condiciones de comienzo y fin de la misma, puede ser procesar una cantidad fija de entidades o recorrer un tiempo establecido, o funcionar hasta que se cumpla una condición.

Fases del estudio de Simulación

La construcción de un modelo de simulación debe ser un proceso detallado, independiente del sistema que se desee interpretar. Para esto, hay una serie de pasos básicos mencionados por Barceló (1996, p.58) que pueden ayudar al proceso de estudio de la simulación:

1. **Formular el problema y planificar el estudio:** consiste en establecer claramente la definición del problema que se pretende resolver, especificando los objetivos, las variables que afectan el alcance de estos objetivos y delimitar los aspectos del estudio. Una mala formulación del problema puede significar que todo el desarrollo se encuentre equivocado o no se obtengan los resultados deseados.
2. **Construcción del modelo conceptual:** esta fase permite representar la relación entre los diferentes elementos del sistema. Principalmente las relaciones funcionales entre los recursos y la distribución física del problema planteado.
3. **Recolección de datos:** esta etapa consiste en obtener la información y los datos que permitan especificar los procedimientos operativos del sistema. Identificando los datos que sean relevantes para la solución del problema.
4. **Construir y verificar el modelo mediante un software computacional:** la construcción implica traducir el modelo teórico o conceptual. Las principales tareas que se deben desarrollar en esta fase son:
 - Elección del Software computacional, existe una gran variedad de programas con distintas opciones gráficas y de uso.
 - Construcción del modelo en el Software incorporando: los propósitos, el tamaño y complejidad de la implementación.

- Especificación de variables, parámetros, reglas de decisión y distribuciones de probabilidad.
 - Verificación del modelo realizando pruebas pilotos.
5. **Validación del modelo:** se debe comprobar si el modelo construido funciona correctamente y si es válido como representación del sistema para los objetivos del estudio. Para comprobar la sensibilidad del modelo se comprueba si las respuestas a las preguntas, pueden ser aceptadas como válidas.
 6. **Diseño de los experimentos:** consiste en identificar los factores principales del diseño a simular, como si se estuviera trabajando con el sistema real, es decir, se debe evaluar el funcionamiento y los cambios en los procesos a través de escenarios, en los cuales se aplican técnicas de estadística exhaustivas.
 7. **Ejecución de los experimentos de simulación:** en esta fase se deben realizar múltiples corridas de simulación, especificando la toma de muestra experimental para recopilar los datos y realizar el análisis estadístico que proporcionara las respuestas esperadas.
 8. **Análisis de resultados:** aplicando técnicas estadísticas se realiza un análisis de los resultados obtenidos en los diferentes escenarios y se selecciona la mejor alternativa.
 9. **Propuesta de mejora del sistema real:** con el análisis de los resultados se podrá proponer mejoras al sistema adicionales.

La metodología expresada en estos pasos, no es secuencial, ya que en alguna de estas etapas, el proceso se debe volver a repetir, retrocediendo a alguno de los pasos anteriores, tal como se muestra en la Figura 8, que detalla los pasos de la metodología para la simulación:

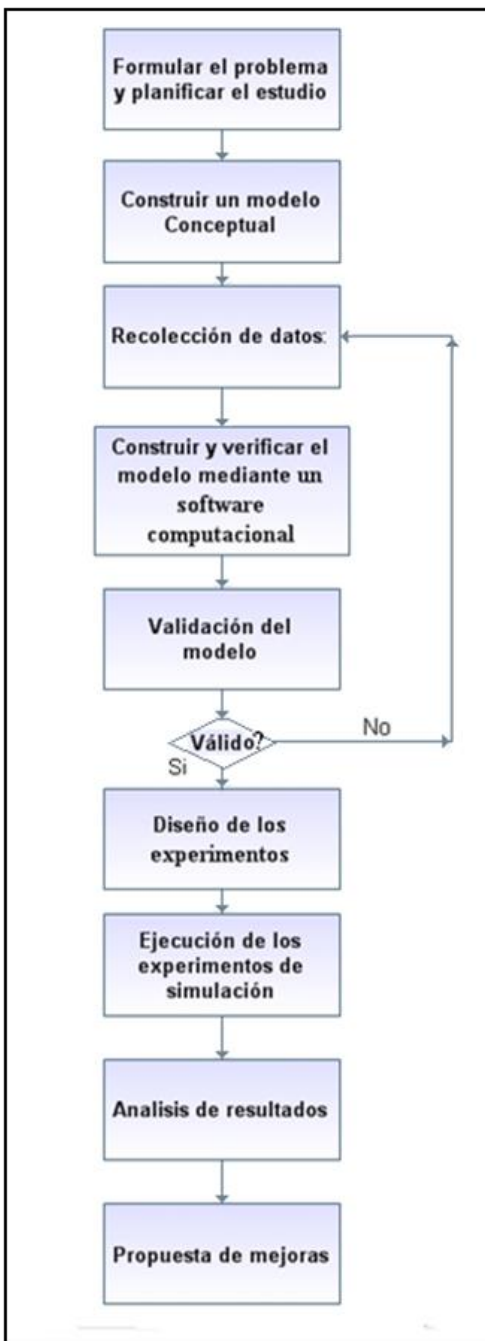


Figura 8: Fases principales de un estudio de simulación.

Fuente: Adaptación gráfica de Barceló (1996).

Ventajas y desventajas de la simulación

Ventajas:

- Desarrollar el modelo del sistema, muchas veces ayuda a comprender de mejor manera el sistema real.
- Al ocupar esta herramienta, no es necesario intervenir o detener las operaciones de la organización.
- Al utilizar la simulación se puede tener un control sobre el tiempo, debido a que se puede acelerar la simulación del proceso. Se pueden comprimir años de funcionamiento de un sistema real a minutos o incluso a segundos.
- Es mucho más general que los modelos matemáticos y se puede utilizar en condiciones inadecuadas para el análisis matemático usual.
- Cuando se construye el modelo, se puede modificar posteriormente con facilidad, lo que permite analizar múltiple escenarios.
- Sirve como herramienta para capacitación.
- Se puede usar para analizar condiciones temporales en un sistema.
- La mayoría de los casos, es más económico mejorar el sistema por medio de la simulación, que implementarlo en el sistema real.

Desventajas:

- Aunque un modelo sea elaborado correctamente, no certifica que el modelo cumpla con las expectativas o que produzca las respuestas deseadas.
- Los programas computacionales de simulación son costosos y muchas veces necesitan de largos periodos de desarrollo y validación.
- Esta herramienta es menos precisa que el análisis matemático, debido a que se basa en eventos que son realizados al azar.
- La elaboración de modelos de sistemas complejos puede tardar demasiado tiempo, puede demorarse horas o incluso años.
- Para obtener soluciones, se necesita realizar múltiples corridas.

2.1.1 Teoría de colas

Los primeros estudios sobre líneas de espera fueron publicados en 1909 por el matemático y estadístico Agner Krarup Erlang, quien identificó este problema cuando observó la periodicidad y las líneas de espera a la que los individuos se veían expuestos en los servicios de llamadas de una central telefónica.

Las situaciones relacionadas con las colas de espera se pueden encontrar continuamente en las actividades cotidianas. Por ejemplo, en los servicios la gente espera en las cajas de los supermercados; en filas de atención de los bancos, accediendo al metro o simplemente cuando se dirige en auto hacia el trabajo. También hay líneas de espera en las fábricas; los trabajos esperan en línea para ser procesados en diferentes máquinas y éstas esperan su turno para ser revisadas. Por otro lado, esta metodología es fundamental para la creación de programas, el diseño de puestos, los niveles de inventarios, etc. En resumen, las líneas de espera están por todas partes.

Para comprender qué son las líneas de espera o filas, es conveniente analizar el aspecto intuitivo de la cuestión para entender su significado. El fenómeno de las colas se origina cuando unos recursos compartidos necesitan ser accedidos para dar servicio a un elevado número de trabajos o clientes (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009). Se entiende por teoría de colas al estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor”, el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

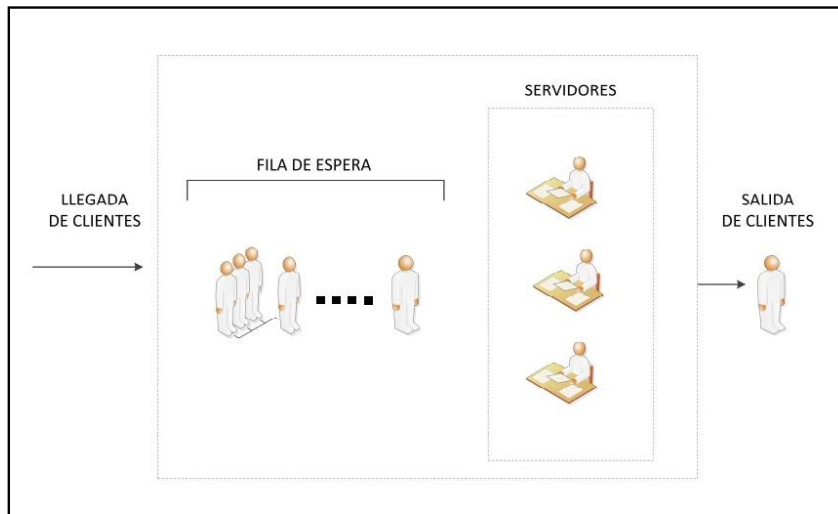


Figura 9: Componentes de un sistema de filas.

Fuente: Chase, Jacobs, & Aquilano (2009).

Este sistema está compuesto por 3 elementos básicos: 1) la población fuente y la forma en que los clientes ingresan al sistema, 2) el sistema de prestación del servicio y 3) la condición de los clientes que salen del sistema.

1) Llegada de los clientes: el ingreso a un sistema puede derivar de una población finita o infinita y dependiendo de la fuente se definirán diferentes premisas y ecuaciones para la solución. Una población finita consiste en un conjunto limitado de clientes que usarán el servicio y, en ocasiones, formarán una línea. Por otro lado, la población infinita es lo bastante grande, en relación con el sistema del servicio, como para que el tamaño que resulta de incrementos o decrementos en ella (un cliente que necesita un servicio o un cliente que ha recibido el servicio y regresa a la población) no afecte sustantivamente las probabilidades del sistema. Otras de las características que se estudian con las llegadas son los patrones de ingreso, distribución de la tasa de llegada, tamaño de las unidades y grado de paciencia de los clientes.

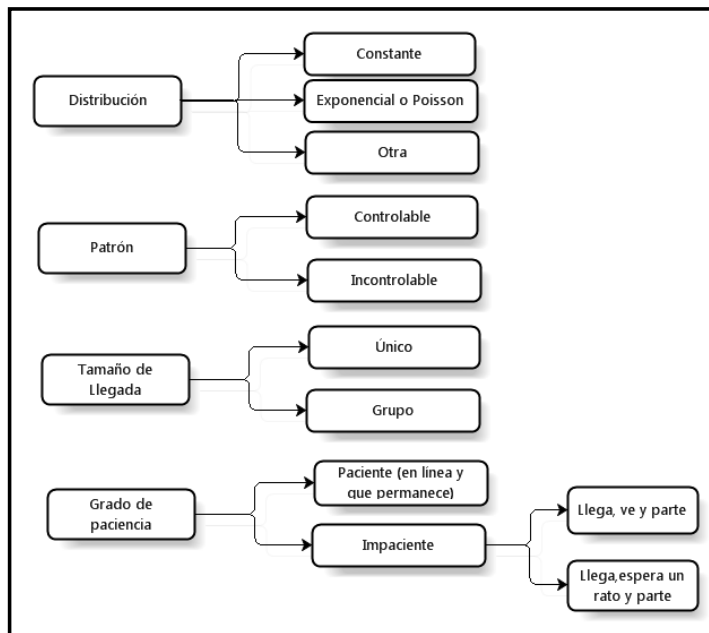


Figura 10: Características de la llegada de los clientes.

Fuente: Chase, Jacobs, & Aquilano (2009).

2) **El sistema de prestación del servicio:** se basa en los factores que componen en la línea de espera y el número de servidores que atiende. Entre estos elementos están:

- **Longitud de cola:** se refiere a cuan larga puede ser la longitud de la cola con respecto a la capacidad del sistema de servicio. Ejemplo de una longitud infinita puede ser vehículos esperando pasar un peaje. Mientras que una capacidad limitada de línea puede ser la utilización de un estacionamiento.
- **Número de Líneas:** se pueden clasificar en una única fila o simplemente en múltiples. Esta última se refiere a líneas aisladas que se forman frente 2 o más servidores y que luego convergen en un punto en común.
- **Disciplina de la fila:** consiste en la regla o conjunto de reglas que definen el orden de prioridad en que se otorgara el servicio a los clientes que están esperando en una cola. Algunas reglas comunes de disciplina son el orden FIFO (Firstin, firstout), LIFO (Last in, firstout), entre otros.

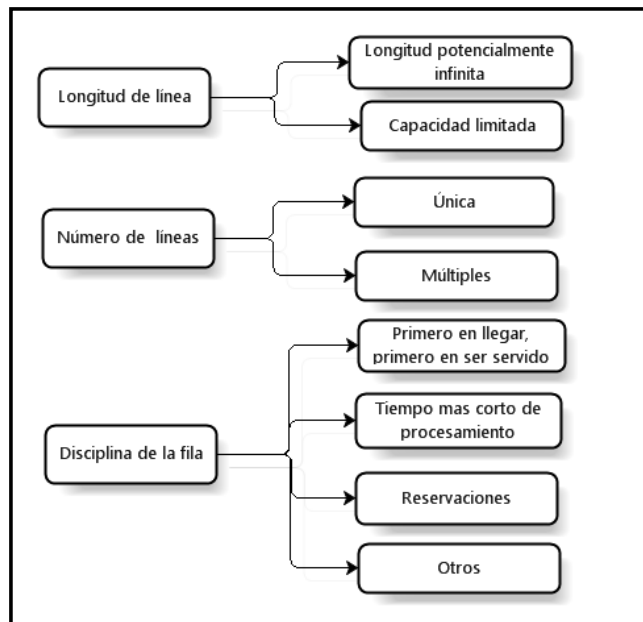


Figura 11: Factores de las líneas de espera.

Fuente: Chase, Jacobs, & Aquilano (2009).

3) Salida de los clientes del sistema: después de recibir el servicio, el cliente puede tomar 2 posibles opciones de salida. La primera es que el cliente puede volver a la población fuente y de inmediato convertirse en un candidato que vuelve a competir por un servicio. Mientras que en la segunda opción, existe una pequeña probabilidad de que el cliente vuelva a requerir nuevamente del servicio.

2.3 Optimización matemática

La otra herramienta posible a utilizar es la optimización o programación matemática. La optimización es un conjunto de técnicas matemáticas utilizadas para asignar recursos limitados (materias primas, personas, dinero, maquinas, equipos, etc.) de la mejor manera posible, facilitando la toma de decisiones respecto al punto de vista del usuario.

Las primeras concepciones de modelos de optimización se remontan a mediados del siglo XX, cuando la Segunda Guerra Mundial estaba en pleno desarrollo y un grupo de científicos e ingenieros empezó a analizar varios problemas relacionados con la asignación de

recursos escasos en operaciones militares, utilización de material bélico, despliegue de radares, colocación de minas y principalmente en problemas tácticos y estratégicos. Al finalizar la guerra, las ideas formuladas en operaciones militares se adaptaron para mejorar la eficiencia y productividad en el sector civil y con el transcurso del tiempo, estas mismas técnicas se han extendido a las organizaciones.

La optimización es una parte relevante dentro de la investigación operativa y a lo largo de los años estas metodologías científicas han experimentado un considerable auge, no tan solo en las organizaciones, sino también en su aplicación en distintos campos como la logística, industria, economía, medicina, entre otros. En las organizaciones su aplicación frente a problemas de decisión referentes a la conducción y coordinación de actividades operacionales han permitido identificar un mejor uso y distribución de recursos limitados.

Hoy en día es posible resolver ecuaciones con miles de variables y millones de restricciones gracias al avance tecnológico de las computadoras actuales.

Elementos de un modelo de optimización

Los problemas relacionados con la optimización se caracterizan por contener 3 elementos principales:

- **Variables o decisiones a realizar:** representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Es decir, las variables cuyos valores están bajo nuestro control e influyen directamente en el desempeño del sistema. Desde un punto de vista funcional se pueden clasificar en variables independientes y dependientes, aunque matemáticamente son todas iguales. Por ejemplo, en el caso de un sistema de producción, la cantidad de productos elaborados.
- **Ecuaciones de restricción o limitaciones:** son las que representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer. Por ejemplo, la capacidad de producción de una fábrica para diferentes productos, las dimensiones de material bruto del producto, cantidad de trabajadores según horario, entre otras.

- **Función objetivo:** es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar, ya sea maximizar o minimizar. Ejemplos de funciones objetivos se pueden mencionar: la minimización de costes variables de operación de un sistema productivo, la maximización de los beneficios de venta de un servicio, la minimización del material utilizado en la fabricación de ciertos productos, etc.

En resumen, resolver un problema de optimización consiste en encontrar el valor que deben tomar las variables para optimizar (maximizar o minimizar) la función objetivo satisfaciendo el conjunto de restricciones o limitaciones dadas.

Tipos de modelos de optimización

Para comenzar a hablar de los tipos de modelos, es importante indicar la definición de un modelo matemático. Tal como menciona Winston (2005, p.1) “un modelo es una representación matemática de situaciones reales que se podrían usar para tomar mejores decisiones, o bien, simplemente para entender mejor la situación real”.

Dentro del área de estudio de la teoría de la optimización, también conocida como programación matemática conviene distinguir los siguientes modelos de optimización:

- Programación lineal:

Es un procedimiento matemático el cual resuelve un problema, formulado a partir de ecuaciones lineales, optimizando una función objetivo, la cual también es lineal. Es decir, cuando las variables de decisión aparecen en la función objetivo y en las restricciones de un modelo de optimización, están multiplicadas por constantes y acomodadas en forma de suma, entonces estamos hablando de un modelo lineal (Wayne L. Winston, 2005).

La programación lineal es una técnica determinista, que no incluye probabilidades y utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales.

Los problemas lineales con variables enteras se pueden clasificar en (Hamdy A. Taha, 2004):

- **Programación lineal entera pura:** cuando se requiere que todas las variables sean enteras. Entre los algoritmos de solución que se emplean para este tipo de modelos están: el método de plano de corte, los algoritmos entero puro y fraccional de Gomory, método de ramificación y acotamiento, el algoritmo de Land – Doig, entre otros.
- **Programación lineal entera binaria:** cuando se requiere que todas las variables sean enteras binarias. Para tipo de programación lineal algunos de los utilizados son: método de ramificación y acotamiento, método lexicográfico, método de Lemke y Spielberg, método aditivo de Egon Balas, distancia de Hamming y Retículos, método de Trubin, entre otros.
- **Programación lineal entera mixta:** si se necesita que algunas de las variables de decisión sean enteras o binarias y el resto continuas, se habla de un problema de programación entera mixta. Entre los algoritmos utilizados para este tipo de problemas se usan: el Algoritmo Entero Mixto de Gomory, el Algoritmo de Land – Doig y el Método de Benders.
- **Programación no lineal:**

Se considera como tal al conjunto de métodos utilizados para optimizar una función objetivo, sujeta a una serie de restricciones. Cuando el conjunto de restricciones, la función objetivo, o ambos, son no lineales se trata de un problema de programación no lineal.

A diferencia de la programación lineal, para esta metodología no existe un algoritmo matemático general que pueda ayudar a resolver un problema, sino que dependiendo de la naturaleza del problema, ya sea de la función objetivo o de las limitaciones no lineales dadas, se aplica un método en particular para la solución de tal problema.

2.3.1 Método de Ramificación y Acotamiento

El primer algoritmo de ramificación y acotamiento fue desarrollado en 1960 por A. Land y G. Doig para el problema general de programación lineal entera mixta o pura. Años después, en 1965, E. Balas desarrolló el algoritmo aditivo para resolver problemas lineales enteros con variables binarias puras (cero o uno). Los primeros cálculos de algoritmos aditivos eran simples, principalmente sumas y restas, que en un inicio fueron aclamados como un posible gran avance en la solución de la programación lineal entera.

El método de ramificación y acotamiento consiste en una técnica de enumeración eficiente de los puntos factibles de subproblemas de un cierto problema original. Según Barrera (2001, p.15) esta técnica permite eliminar grandes cantidades de soluciones en las primeras etapas de la optimización. El procedimiento consta de dos herramientas principales, la primera consiste en la “Ramificación” que busca dividir el espacio de soluciones factibles en dos o más subconjuntos, en donde para cada uno de ellos se obtiene la instancia que minimiza (considerando un problema de minimización) la función objetivo. A partir de esta división se genera un árbol cuyos nodos son los subconjuntos mencionados. La segunda herramienta es la llamada “Acotamiento” la cual tiene por objetivo encontrar cotas superior e inferiores para el mínimo valor de la función objetivo sobre cada subconjunto del espacio factible. Si la cota inferior para algún nodo “A” del árbol es mayor que la cota superior de otro nodo “B” entonces el nodo “A” puede ser eliminado de la búsqueda de soluciones. Este último procedimiento tan bien es conocido como “Poda” y se repite continuamente hasta encontrar el óptimo general del problema.

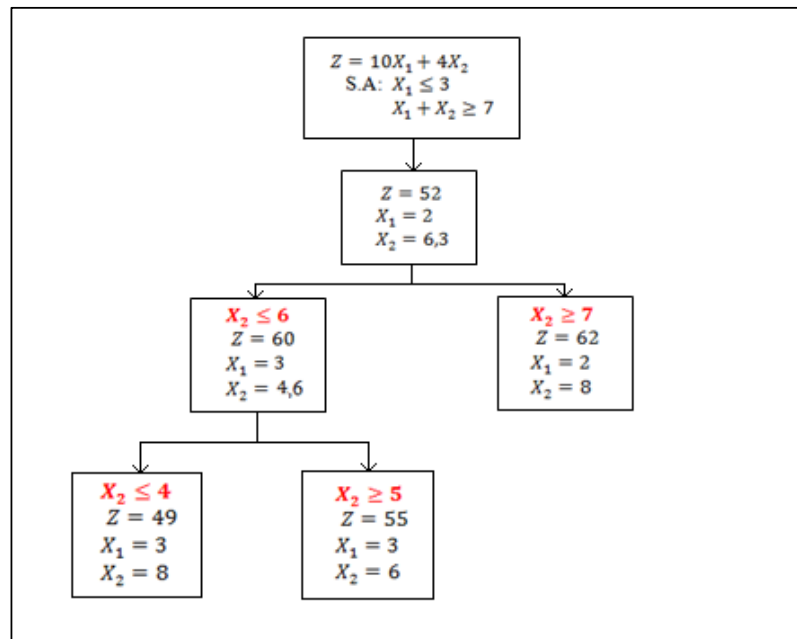


Figura 12: Ejemplo del método de Ramificación y Acotamiento.

Fuente: Adaptacion grafica de Barrera R.(2001).

En la Figura 12 se puede observar un ejemplo simplificado del método de Ramificación y Acotamiento para un problema de maximización. El recuadro superior muestra una función objetivo sujeta a 2 restricciones que al resolverla da como solución de la función el valor 52. El procedimiento consiste en escoger una variable básica no entera, que en este caso corresponde a la variable X_2 , y realizar una ramificación separando la función en 2 nuevos problemas lineales añadiendo restricciones, estas últimas se redondean a un valor menor y mayor de la variable escogida. En el ejemplo la variable escogida tiene un valor de 6,3 y por lo tanto, a una de las ramificaciones se le agregara la restricción del límite inferior (valor igual 6) y a la otra del límite superior (valor igual a 7) de la variable no entera escogida (valores en rojo). Luego se realiza el acotamiento donde se elige aquel resultado con el mayor valor respecto a la función objetivo. Si los resultados de la función y las variables son valores enteros, el proceso finaliza y no se debe seguir ramificando. Luego se realiza el mismo proceso continuamente para finalmente comparar todas la ramas que resultaron con valores enteros y escoger la tenga un mayor valor como solución, en este caso, la solución escogida

corresponde a la ramificación donde se agregó la restricción con variable mayor o igual a 7, dando como resultado en la función objetivo el valor de 62.

En la actualidad existen múltiples software con diferentes lenguajes de modelado como: OPL, OML, AMPL, ILOG CPLEX, GAMS, LINGO, entre otros. Cuyas versiones de investigación con licencias anuales para usuarios básicos varían entre los \$750 y \$3.000 dólares, este último valor es para versiones más completas que incluyen más de un lenguaje de modelado.

2.4 Justificación de la elección del método

Considerando que aunque para este tipo de problema, un modelo lineal binario como el método de ramificación y acotamiento se puede adaptar mejor. La gran cantidad de características del problema tales como: turnos, horarios y cuadrillas, detallan la realización de un modelo lineal complejo y de gran tamaño que resulta inmanejable para una herramienta computacional de tipo demostración. Teniendo en cuenta que las herramientas computacionales que existen actualmente para resolver problemas como éste tienen un valor que sobrepasa los ochocientos dólares, la optimización resulta imposible de aplicar y por lo tanto se selecciona el método de simulación.

Por otro lado, la simulación tiene la ventaja de abarcar todo tipo de problemas, puede incluir distribuciones de probabilidad para los parámetros, además de cambiar y agregar fácilmente relaciones entre los elementos para evaluarlos en diferentes escenarios, a diferencia de la programación matemática que solo se limita a entregar un valor óptimo para problemas donde se tiene mucha información confiable y esta es determinística. Aunque los modelos de programación lineal, como el método de Ramificación y Acotamiento, aportan con mayor flexibilidad la incorporación de restricciones y otros recursos limitantes, estos necesitan de la formulación y solución obligatoria de una función objetivo. Por otro lado, en la simulación solo se deben definir claramente los objetivos para determinar la estructura del modelo.

Como la información del sistema es de carácter probabilístico y se desea experimentar un conjunto de escenarios, es conveniente ocupar la simulación. Las características del sistema de atención de reclamos planteado hacen de la simulación orientada a procesos, la más

adecuada para obtener resultados semejantes a la realidad, teniendo la ventaja de ser más fácil de modelar y capturar la inherente variabilidad de los datos de la atención y sus procesos, mediante los diferentes tipos de distribuciones de probabilidad.

2.5 Simulación con el Software Extend

Extend es una herramienta desarrollada por Imagine That Inc. que tiene un patrón de modelamiento basado en orientación a procesos y está compuesta por bloques pasivos con funciones básicas (entradas, cálculos, relaciones, salidas) que son activados por las llegadas de entidades que cambian el estado del modelo a través del tiempo. Además, este Software puede representar modelos orientados a Evento discreto, Continuos, Tasa discreta, basados en agente, entre otros.

El funcionamiento de este programa se basa básicamente en extraer bloques de librerías clasificadas en distintos tipos (Discrete Event, Generic, Plotter, entre otros) e insertarlos en hojas de trabajo, las cuales se representan en un ambiente 2D. Luego, se puede definir la lógica de los procesos mediante la conexión de los objetos, formando bloques más complejos. Finalmente los objetos definen la interacción entre la animación y la lógica de los procesos de manera simultánea, obteniendo como resultado, el diagrama del proceso o sistema, que permite simular el funcionamiento de este y analizar distintas variables de estado.

Capítulo 3: Construcción del modelo

3.1 Construcción del modelo conceptual

Como primer paso, se realiza un modelo conceptual a partir del proceso de atención de reclamos mencionado en el Capítulo 2. Es decir, se consideran los elementos más importantes desde el momento en que se genera un reclamo hasta que se termina una orden de trabajo. El objetivo de este análisis es comprender el comportamiento y las respectivas variables que influyen en el proceso. El modelo conceptual de la Figura 13, consta de las siguientes etapas:

1. **Ingreso al sistema:** representa el ingreso de los reclamos a través de los llamados telefónicos realizados por los clientes.
2. **Clasificación de Orden de Trabajo:** consiste en la asignación de un motivo y un tipo de orden de trabajo asociado al reclamo del cliente.
3. **Asignación de prioridad:** según el tipo de reclamo se le asocia una prioridad que varía de los números 1 al 3, siendo el número 1 el de mayor urgencia de atención y por lo tanto que se debe atender en primer lugar.
4. **DECISION 1 - ¿Prioridad del reclamo?:** esta etapa representa la repartición de los reclamos a las colas de espera según su prioridad. Existen 3 tipos de filas:
 - **Cola urgente (1):** detalla la fila de espera de los reclamos con prioridad del tipo 1.
 - **Cola agenda (2):** detalla la fila de espera de los reclamos con prioridad del tipo 2. Esta cola agenda los reclamos para el día siguiente, por lo tanto retiene los reclamos 24 horas a partir de su ingreso.
 - **Cola normal (3):** detalla la fila de espera de los reclamos con prioridad del tipo 3.
5. **¿Cola total mayor a 200 reclamos?:** decisión posterior a la cola normal, que representa el envío directo de reclamos del tipo normal a contratistas cuando la cola total del sistema (suma de los reclamos en cola urgente, agenda y normal) supera los 200 reclamos en fila. En caso de que se cumpla esta condición, los reclamos son enviados directamente a la salida del sistema “Envío a contratista”. Al contrario, si el sistema no cumple esta condición, el reclamo sigue su curso hasta la siguiente etapa “Espera de atención”.

6. **Espera por atención:** representa la espera de la atención de los reclamos en sus colas respectivas.
7. **¿Móvil disponible?:** esta etapa representa la disponibilidad de los equipos para atender los reclamos que están en espera según su prioridad. En caso de que el equipo no se encuentre disponible para atender, el reclamo vuelve a la etapa “Espera por atención” y sigue esperando en su cola respectiva. En caso contrario, el móvil toma el reclamo y pasa a la siguiente etapa.
8. **Transporte a domicilio del cliente:** representa el viaje que realizan los móviles de la zonal hacia los domicilios o del lugar del problema hacia otro domicilio.
9. **Diagnóstico del problema:** representa la espera del trabajador afuera del domicilio más el diagnóstico que realizan los trabajadores del problema.
10. **DECISION 2 – ¿Resultado del diagnóstico?:** esta fase constituye el resultado del diagnóstico realizado por el trabajador en terreno. El cual puede arrojar cuatro diferentes resultados:
 - **Salida del sistema – Envió a contratista (conector 1):** cuando el equipo da una solución provisoria al problema y por la complejidad del mismo debe enviar la orden a contratista, quien en este caso termina de ejecutar la tarea hasta solucionarla definitivamente.
 - **Reprogramación (conector 2):** cuando el cliente no se encuentra en el domicilio el reclamo se reprograma para el día siguiente por lo que se envía a la cola de reclamos agendados donde es retenido 24 horas.
 - **Desestimado (conector 3):** representa las situaciones en que el diagnóstico resulta que hay ningún problema aparente. Posterior a esto el equipo pasa a la fase “Salida del sistema – Cierre de Orden de Trabajo”.
 - **Ejecución equipo propio (conector 4):** detalla la ejecución de la tarea por parte del equipo de trabajo. Posterior a esto el equipo pasa a la fase “Salida del sistema – Cierre de Orden de Trabajo”.
11. **Salida del sistema – Cierre de OT:** representa el término de las órdenes de trabajo.

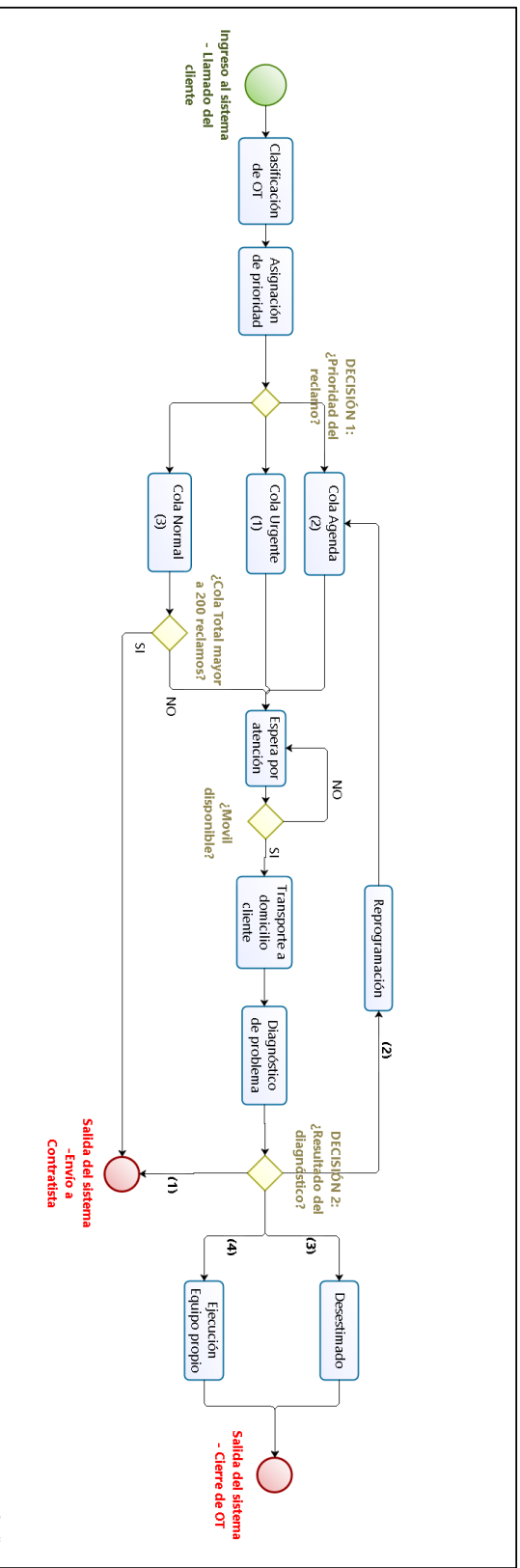


Figura 13: Modelo conceptual del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del modelo se consideraron las siguientes restricciones:

- Los móviles atienden los 7 días de la semana y operan según el turno que tengan establecido.
- La atención de los móviles opera 30 días al mes.
- Los móviles operan según el turno y horario establecido, finalizando con la atención de los reclamos si se encuentran en pleno proceso de atención al término de la jornada.
- El ingreso de reclamos se considera desde las 8:00 horas hasta las 24:00 horas.

3.2 Recolección de datos

En los modelos de simulación, uno de los componentes más importantes es la recopilación de datos. Esto se debe a que el modelo es capaz de representar el sistema real sólo si los datos son lo suficientemente buenos. Por ello, en esta fase se especifican los datos que entregan mayor información respecto a los procesos operativos del sistema de simulación.

La principal fuente de información es el registro de datos realizado por el personal de atención de reclamos, el cual utiliza computadoras de mano combinadas con tecnología GPS, denominadas dispositivos PDA (Asistente digital personal). Cada equipo de atención tiene un dispositivo donde registra las tareas que realiza, por ejemplo: inicio de ejecución, término de ejecución, etc. Finalmente, todo el registro es traspasado a planillas Excel por los sistemas de información internos de la empresa.

La base de datos en formato Excel fue entregada por el jefe de la Unidad de Control y Programación de la zona Antilco y corresponde a los meses de Enero, Febrero y Marzo del año 2013. La elección de estos tres meses se debe a que son los que presentan mayor ingreso de reclamos, y por lo tanto, las pruebas podrían servir como referencia o posible solución de cumplimiento para el resto los meses del año. Teniendo en cuenta que existe la posibilidad de que la cantidad de móviles propuesta como solución para un mes de mayor ingreso de reclamos, podría significar que los recursos no se utilizan al 100% para un mes con menor ingreso.

Luego, para el objetivo del estudio se realizaron análisis estadísticos de la cantidad de reclamos que ingresan y los tiempos de viaje de los móviles.

3.3 Determinación de distribuciones de probabilidad

Existen dos formas para poder determinar el tipo de distribución que siguen los tiempos entre llegadas de reclamos y los tiempos de transporte a domicilio. La primera de ellas se basa en un estudio analítico de las frecuencias de la muestra, a partir de cual se plantea una hipótesis sobre una distribución conocida que se valida a través de pruebas de bondad de ajuste, como las pruebas de Chi Cuadrado o las pruebas de Kolmogorov-Smirnov. La segunda forma consiste en análisis a través de un software estadístico o de simulación que realizan pruebas con todas las distribuciones teóricas existentes y proporcionan la distribución que mejor se ajusta al comportamiento de los datos, además de validar la hipótesis con pruebas de ajustes de bondad que se realizan automáticamente.

En el presente trabajo se utilizó el software estadístico Input Analyzer de Rockwell Arena para realizar el procesamiento de los datos de entrada del modelo. La herramienta realiza el siguiente procedimiento de trabajo:

- Agrupa los datos ingresados en intervalos según su frecuencia y realiza un histograma para una prueba visual.
- Realiza un ajuste de una gama de distribuciones teóricas de probabilidad existentes (Beta, Gamma, Weibull, Erlang, Lognormal, entre otras).
- Genera un sistema de puntuación a partir del error cuadrático de las distintas distribuciones ajustadas, donde la distribución con menor error cuadrático es la de mejor evaluación. Para este caso, el error cuadrático es la suma de las diferencias cuadráticas entre el histograma de frecuencias y la distribución de frecuencias ajustada.
- Finalmente, realiza una prueba de hipótesis (Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnow) que sirve como complemento para rechazar o aceptar la distribución propuesta por la herramienta. Esta prueba consiste en revisar el “p-value” de las pruebas y determinar la probabilidad de que ocurra el resultado de nuestra prueba de hipótesis. Si el valor del p-value es menor o igual al nivel de confianza (0.05) se rechaza la hipótesis nula de la prueba (distribución propuesta por la herramienta), en caso contrario no existen evidencias de que no siga la distribución dada. La condición para aceptar es entonces que el p-value sea mayor a 0.05.

Para el análisis de los datos de este trabajo se validaron las hipótesis a través de la prueba de bondad Chi Cuadrado entregada por el programa, la razón de esta decisión es que esta prueba permite determinar las discrepancias entre las frecuencias observadas y las teóricas tanto para datos continuos

como discretos. Por otro lado, también se realiza una prueba de contraste con un nivel de confianza menor o igual a 0.05, por lo que la hipótesis se plantea de la siguiente forma:

- Hipótesis nula (H_0): los datos siguen la distribución sugerida por la herramienta.
- Hipótesis alternativa (H_a): los datos no siguen la distribución dada.

Por lo tanto, si el p-value es mayor 0.05 se acepta la hipótesis, en caso contrario, si el p-value es menor o igual a 0.05 se rechaza la hipótesis nula. Un valor de p-value alto implica que existen pocas evidencias contra el ajuste realizado.

3.3.1 Ingreso de reclamos

Al analizar el comportamiento del ingreso de reclamos en un día, se puede observar que durante las primeras 8 horas de la madrugada el ingreso es mínimo y no alcanza a superar los 8 reclamos. Mientras que entre las 11:00 hrs y las 14:00 hrs se produce el máximo ingreso de llamados, alcanzando el peak a las 12 del mediodía. Finalmente, con el transcurso de las horas se ve una disminución de reclamos hasta terminar la jornada.

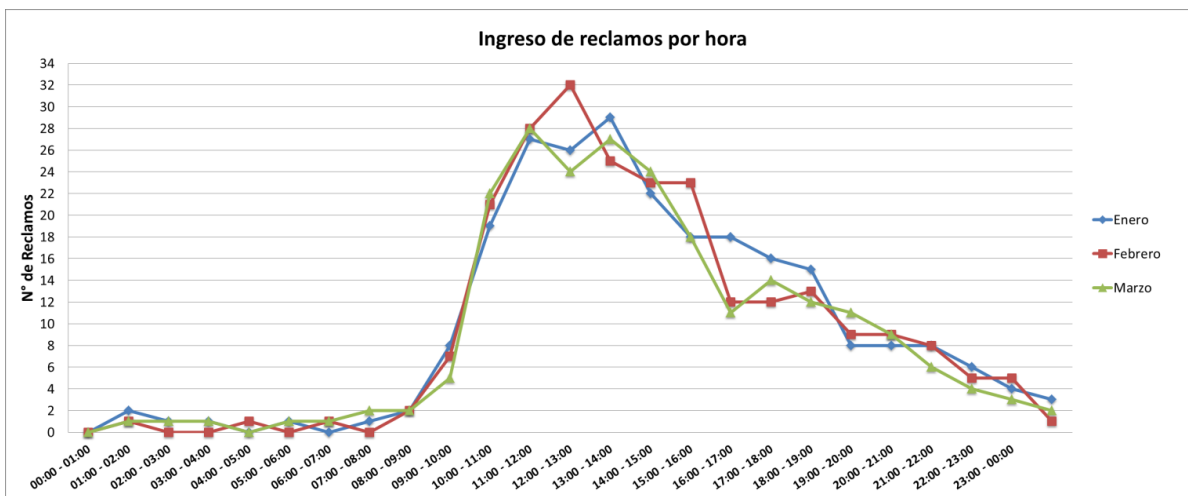


Figura 14: Ingreso de reclamos por franja horaria – Lunes de Enero a Marzo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se observa la cantidad promedio de reclamos que ingresa por hora durante todos los días lunes del mes de Enero, Febrero y Marzo. Se puede observar que existe un aumento del ingreso de reclamos a partir de las 8 de la mañana, alcanzando el máximo de reclamos entre el mediodía y las 14:00 horas, luego existe un decrecimiento de reclamos hasta finalizar el día. Cabe mencionar, que este comportamiento de los clientes se repite durante el resto de los días de la semana. A partir de esto, se establece que para ajustes del modelo no se considerara ingreso de reclamos durante las primeras 8 horas, justificando esta decisión a la poca cantidad de datos que existen para estos rangos horarios los que dificultan la determinación de una distribución de probabilidad.

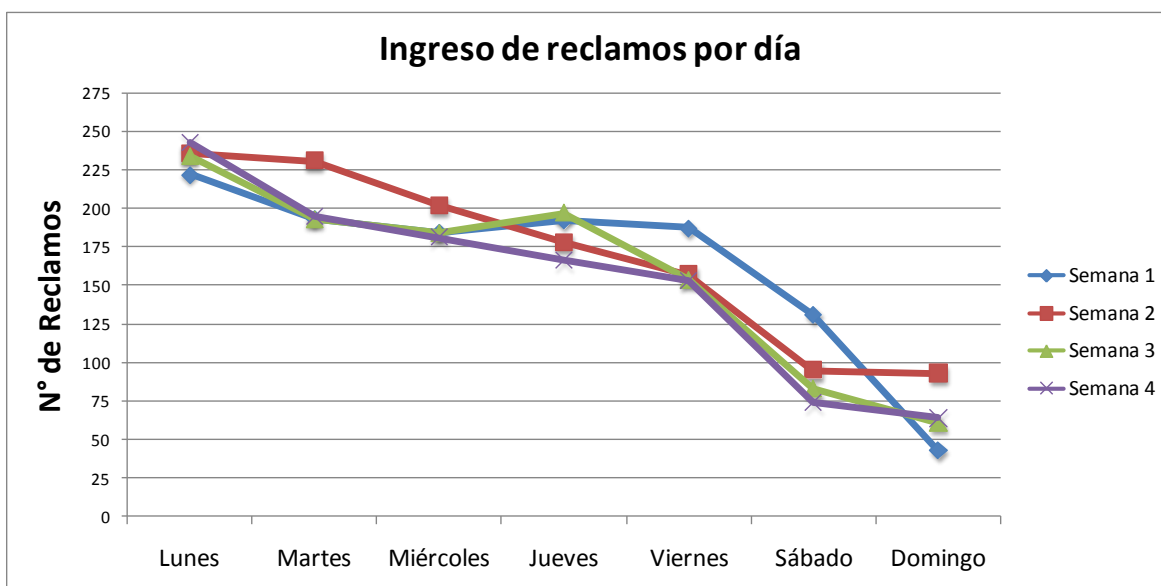


Figura 15: Ingreso total de reclamos por día – Mes de Enero.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15 se puede observar los reclamos totales que ingresaron por cada día y por las diferentes semanas del mes de Enero. Por ejemplo, la línea azul representa el comportamiento de la primera semana de Enero, se detalla que el lunes es el día con mayor ingreso reclamos, luego la curva comienza a decrecer con el transcurso de los días hasta llegar al domingo. Este comportamiento se repite para el resto de las semanas del mes e incluso para el resto de los meses de estudio.

A partir de esta observación, no se puede concluir que el ingreso total por día es constante durante la semana, por lo tanto, se decidió realizar un análisis independiente de los tiempos entre llegadas de reclamos por cada día.

Con los tiempos entre llegadas expresados en minutos del día lunes [Ver Anexo N°2] se procedió mediante el uso de la herramienta Input Analyzer, determinar la curva y expresión que representaría el comportamiento de llegada. La expresión obtenida del análisis de los datos con menor error cuadrático fue la distribución Weibull con parámetro de forma (β) igual a 3,64 y parámetro de escala (α) igual a 0,882. Por otro lado, se obtiene un p-value de 0.692 tal como se muestra en siguiente figura:

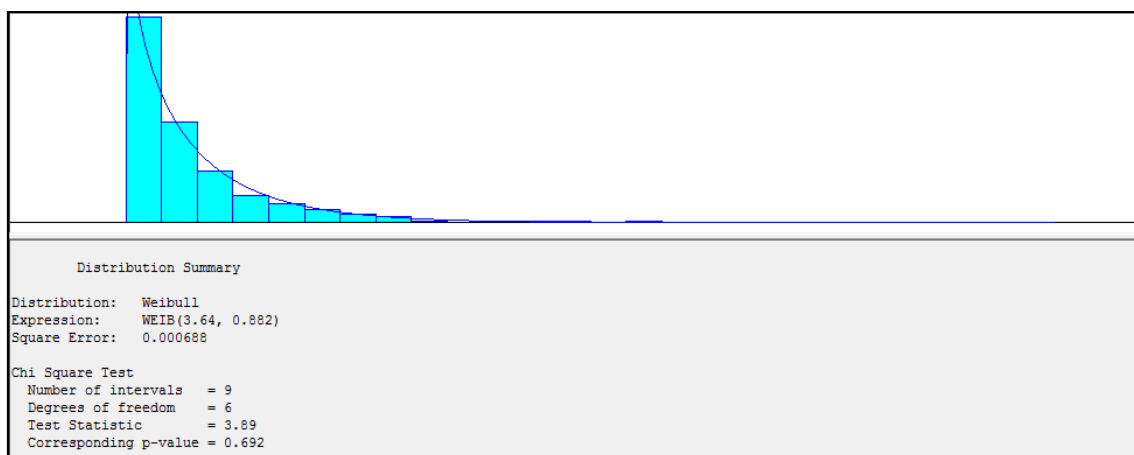


Figura 16: Distribución de tiempos entre llegadas de reclamos – Lunes.

Fuente: Captura de pantalla, Software Input Analyzer.

El software plantea la hipótesis de que la distribución que mejor se adapta a los datos es la Weibull. Para validar esta distribución se comparó el valor empírico de la prueba de bondad entregada por el programa Input Analyzer (Test estadístico =3.89) con el valor teórico para un nivel de significación estadística “ α ”. Si el valor empírico es inferior al valor teórico, el ajuste es aceptablemente bueno y por lo tanto se puede validar la distribución planteada.

Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 3,89$ con el valor teórico $X^2_{6,0,90} = 10,6446$, se puede concluir que, puesto que es notoriamente inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Weibull ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$. La curva y los resultados del software se muestran en la Figura 16.

Además, como se explicó en la sección 3.3 del presente capítulo, al comparar el p-value = 0,692 de la prueba con el nivel de confianza =0,05, se puede concluir que, como el valor es mayor al nivel de

confianza, la hipótesis de que los datos de tiempos de ingreso entre reclamos para el día lunes siguen la distribución dada, no es rechazada.

Se elabora esta prueba estadística con los tiempos entre llegadas de cada día de la semana para observar la distribución propuesta. Como el procedimiento es el mismo para el resto de los días, los resultados de las distribuciones de martes a domingo se presentan en el anexo del presente trabajo [Ver Anexo N°2]. Solamente se presentan los resultados de dichos días en forma de resumen en la Tabla 4.

Día	Distribución de probabilidad	Parámetro 1	Parámetro 2
Martes	WEIBULL	4.27	0.874
Miércoles	WEIBULL	4.41	0.876
Jueves	LOGNORMAL	5.52	10.3
Viernes	WEIBULL	5.71	0.911
Sábado	WEIBULL	10.2	0.928
Domingo	WEIBULL	12.8	1,02

Tabla 4: Resumen de distribuciones de probabilidad, tiempos entre llegadas.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se pueden observar las distribuciones propuestas para el resto de los días, donde se puede detallar que para cada distribución existen columnas con los nombres “Parámetro 1” y “Parámetro 2”. Para el caso de la distribución Weibull tiene como Parámetro 1 la forma (β) y como Parámetro 2 la escala (α). Por otro lado, para la distribución Lognormal Parámetro 1 representa la media y el Parámetro 2 señala la desviación estándar de la distribución. Se ocupa este concepto general debido a que todas las distribuciones ocupan distintos parámetros que pueden generar confusiones.

3.3.2 Tiempos de traslado

El estudio de los tiempos de traslado consistió en separar el análisis cada día para la semana. Donde en primer lugar se eliminaron los registros que iniciaban sus tareas entre las 12:30 hrs y las 14:00 hrs, debido a que en este lapso los equipos están en su horario de almuerzo y no registran correctamente el fin de las tareas, produciéndose tiempos de traslado excesivos. Luego se procedió a

eliminar los datos erróneos generados por los cambios de turno de algunos equipos, que producían aumentos de los tiempos al no marcar el fin de las tareas cuando se realiza el cambio. Para ello, se filtraron todos los tiempos superiores a 1,5 horas.

Finalmente se procedió a analizar los datos en el Software “Input Analyzer” para determinar la curva y el comportamiento de los tiempos de traslado. Al igual que la determinación de las distribuciones de ingreso, los resultados de los análisis se presentan en los anexos [Ver Anexo N°3]. A continuación se detallan las expresiones obtenidas en una tabla resumen:

Días	Distribución de probabilidad	Parámetro 1	Parámetro 2
Lunes	GAMMA	8,35	1,45
Martes	GAMMA	9,15	1,31
Miércoles	GAMMA	8,98	1,34
Jueves	GAMMA	9,13	1,32
Viernes	GAMMA	9,07	1,39
Sabado	GAMMA	8,64	1,67
Domingo	GAMMA	8,29	1,84

Tabla 5: Resumen distribuciones de probabilidad: Tiempos de traslado.

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5 se puede concluir que el análisis de los datos arrojó la misma distribución para todos los días de la semana. Además, se observa que los parámetros de la distribución no varían de Lunes a Domingo.

3.3.3 Tiempos de ejecución de tareas

Además, al analizar el comportamiento de los tiempos de ejecución, se observó que la variación entre los tiempos por tarea no excedía los 5 minutos, esto se debe a que las tareas realizadas por los equipos de trabajo para resolver los problemas son bastante repetitivas y no varían mucho de acuerdo a su ejecución. Por lo que para este ítem, se plantea una distribución Uniforme ocupando los promedios y desviaciones estándar por cada tipo de orden de trabajo.

Tipo de OT	Promedio (min)	Desv. Estándar (min)
1.-Agua turbia	16,4	2,9
2.-Color extraño	15,9	3,6
3.-Exceso cloro	19,5	2,8
4.-Sabor extraño	15,5	1,2
5.-Corte equivocado	10,9	1,8
6.-Corte fuera zona programada	15,1	3,7
7.-Corte mal ejecutado	10,4	1,7
8.-Grifo abierto	25,4	3,3
9.-Grifo chocado	10,5	4,2
10.-Grifo en mal estado	25,7	5,1
11.-Escape en arranque	15,5	1,2
12.-Escape en vía publica	12,9	3,1
13.-Inundación propiedad por escape vía publica	10,8	4,1
14.-Inundación propiedad por escape arranque	18,7	5,6
15.-Llave paso exterior defectuosa	17,5	5,8
16.-Llave paso interior defectuosa	20,1	4,4
17.-Inundación propiedad por robo de MAP	17,3	4,9
18.-Medidor dañado o filtrando	20,1	2,7
19.-Robo de MAP	10,7	3,4
20.-Reposición corte por deuda mal ejecutada	10,7	1,1
21.-Reposición corte por deuda sin orden emitida	10,6	3,2
22.-Reposición no ejecutada	10,6	5,8
23.-Sector sin agua	15,2	4,7
24.-Sin agua. Sin corte por deuda	16,7	5,3
25.-Baja presión. Individual	17,3	4,8
26.-Baja presión. Masivo	15,1	1,8
27.-Exceso de presión	19,3	4,6

Tabla 6: Tiempos promedios de trabajos por tipos de tareas.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Tiempos incidentales en horarios laborales

Para dar más exactitud a las medidas del modelo conceptual de la sección 3.1, se consideró analizar las horas efectivas en las que los móviles están trabajando. Para ello, se analizaron los tiempos promedios en que los móviles se demoraban en iniciar sus tareas, las horas de colación y el lapso en que se retiraban de terreno antes del término del horario laboral. En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos para este análisis.

Aspectos incidentales	Tiempos promedios (Min)	Descripción
Demora en Inicio	45	Tiempo entre el inicio de la jornada laboral y salida desde la zonal.
Demora en Colación	60	Tiempo de demora en la colación de los equipos de atención. El rango horario en que ocurre este aspecto incidental es entre 13:00 a 14:00 hrs.
Termino de actividades antes de horario de salida.	60	Se refiere al tiempo en que los trabajadores se retiran de terreno antes del término del horario laboral para viajar a la zonal y concluir allí su horario de trabajo. Esto incluye tiempo de viaje a la zonal, orden de equipamiento y aseo personal.

Tabla 7: Tiempos incidentales.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que estos tiempos incidentales ocurren en todos los tipos de turno, y por lo tanto, serán aplicados tanto para el turno normal como para el turno 24 horas en el modelo.

3.4 Elaboración del modelo mediante un software computacional:

Para construir el modelo, se hizo una elaboración independiente por cada día y representar el ingreso de reclamos, para ello, se utilizaron los bloques “Generator” y “Shift”. La función del primero sirve para asignar la distribución de probabilidad de los datos de entrada, en este caso para el día lunes se agregó la distribución Weibull con los parámetros correspondientes. Mientras que el segundo, es configurado con las horas en las que va estar activo el bloque Generator. Por ejemplo, para el día lunes los reclamos empiezan a ingresar desde las 8:00 hrs hasta las 24:00 hrs, por lo tanto el bloque “Shift” se configura para que el bloque “Generator” se encienda y comience a crear las entidades desde las 8 hrs y se apague a las 24 hrs del tiempo de simulación. Repitiendo el procedimiento por cada día y para que se

encienda todas semanas. A continuación, se presenta una figura con la configuración que se realizó para el día lunes.

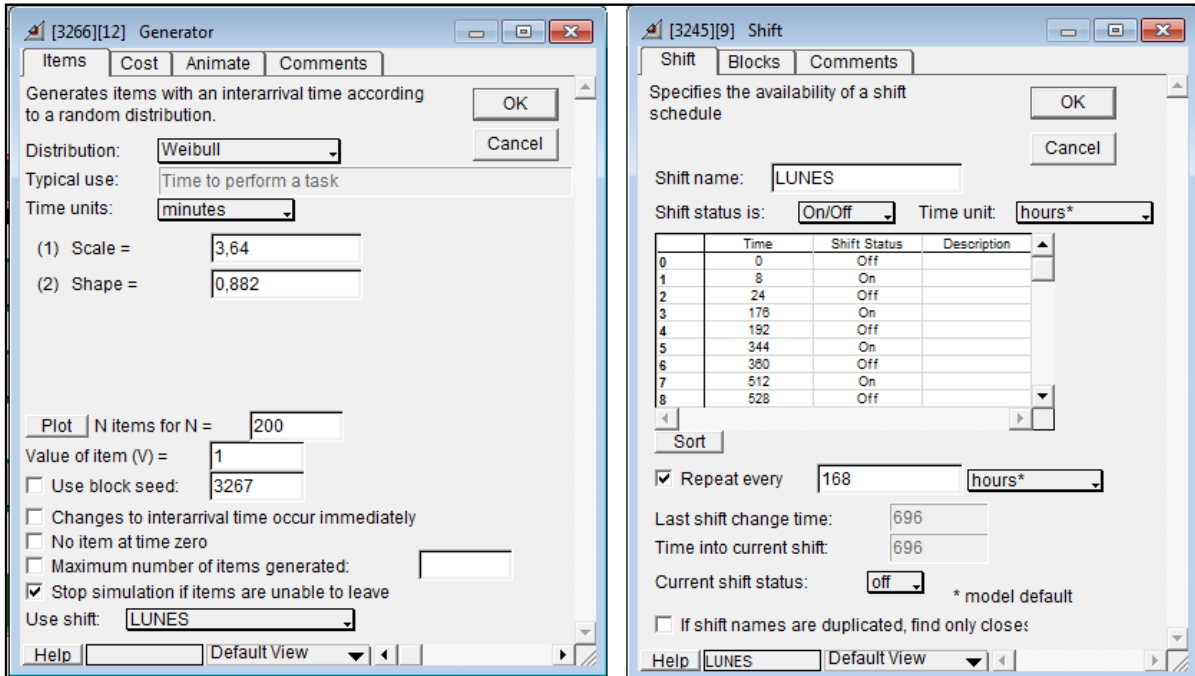


Figura 17: Configuración Bloques “Generator” y “Shift”.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

Luego de esto, se agregó el bloque “Select DE Output” asociado a un bloque “Input Random Number”, combinados tienen la función de guiar las entidades por diferentes rutas, de tal manera, que al momento de generarse el reclamo tome un camino según distribuciones de probabilidad establecidas por los porcentajes calculados para cada uno de los tipos de OT, tal como se observa en la Tabla 8.

Motivo	Tipo de OT	% por OT	Prioridad
Calidad AP	1.-Agua turbia	81%	1
	2.-Color extraño	11,2%	3
	3.-Exceso cloro	3,2%	3
	4.-Sabor extraño	3,2%	3
Corte equivocado	5.-Corte equivocado	100,0%	1
C. Fuera zona programada	6.-Corte fuera zona programada	100,0%	1
Corte mal ejecutado	7.-Corte mal ejecutado	100,0%	3
Fallas en grifo	8.-Grifo abierto	47,4%	3
	9.-Grifo chocado	5,4%	1
	10.-Grifo en mal estado	47,2%	3
Fallas o escape AP	11.-Escape en arranque	34,9%	3
	12.-Escape en vía pública	13,1%	3
	13.-I. Propiedad por escape vía pública	0,3%	1
	14.-I. Propiedad por escape arranque	2,8%	1
	15.-Llave paso exterior defectuosa	25,9%	3
	16.-Llave paso interior defectuosa	23,0%	3
Fallas o escape medidor	17.-I. Propiedad por robo de MAP	0,7%	1
	18.-Medidor dañado o filtrando	96,0%	3
	19.-Robo de MAP	3,3%	1
R. Corte por deuda mal E.	20.-R. Corte por deuda mal ejecutada	100,0%	1
R. Corte por deuda sin O.	21.-R. Corte por deuda sin orden emitida	100,0%	1
Reposición no ejecutada	22.-Reposición no ejecutada	100,0%	1
Sector sin agua	23.-Sector sin agua	100,0%	1
Sin agua, sin corte por deuda	24.-Sin agua, sin corte por deuda	100,0%	1
Verificar presión	25.-Baja presión. Individual	92,9%	3
	26.-Baja presión. Masivo	4,6%	3
	27.-Exceso de presión	2,5%	3

Tabla 8: Porcentajes y Prioridades por tipo de OT.

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a cada ruta se agregó un “Set Attribute” con la finalidad de asignar el atributo “Tipo de OT” a las entidades que pasen por este bloque. De igual manera se agregaron otros bloques “Set Attribute” para asignar prioridades “1” o “3” según tipo de OT a las entidades. La Figura 18 representa el ingreso de reclamos del motivo “Calidad AP”, donde se puede observar que el proceso se subdivide en los 5 tipos de OT que pertenecen a este motivo. Cada ruta tiene un bloque donde las entidades adquieren la prioridad mencionada anteriormente (bloque con barras verde con título “Set P”).

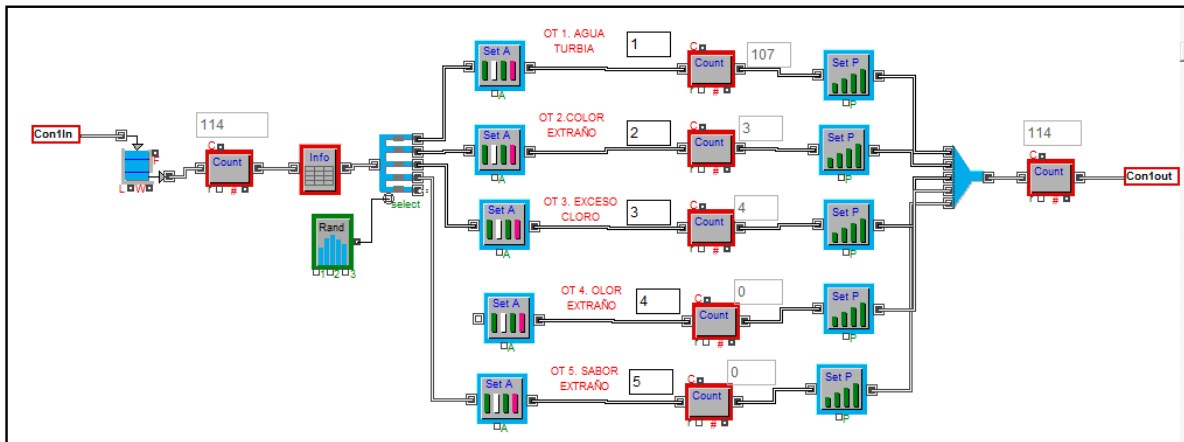


Figura 18: Estructura de bloques del motivo “Calidad AP”.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

Finalmente todas las rutas se unen a través del bloque “Combine” y salen de la primera etapa del modelo. Es importante mencionar, que este procedimiento se repitió por cada uno de los 15 motivos y todos se agruparon al interior de un único bloque “Hierarchical Block” denominado “Ingreso de reclamos”. El objetivo principal de este bloque es reducir el desorden y mejorar el impacto visual del modelo.

Continuando con el proceso, se agregó un bloque “CountsItems” asociado con un “Plotter, DiscreteEvent”. La función del primero es contar la cantidad de entidades que pasan. Mientras que el segundo, muestra una gráfica con la cantidad acumulada de entidades que pasan a través de este bloque en el tiempo de simulación. Estos bloques cumplen un rol primordial en el modelo, ya que entregan la información para realizar el análisis de los resultados.

La siguiente etapa se construyó en un “Hierarchical Block” denominado “Decisión 1”, donde en primer lugar se creó un bloque “GetAttribute” asociado a un “Equation” y un “Select DE Output”, la combinación estos 3 objetos permite que de acuerdo a un atributo, en este caso el atributo “Motivo”, se elija una ruta determinada del “Select DE Output” en base a una condición o ecuación entregada por el bloque “Equation”. Al final del proceso hay 2 tipos de repartición de entidades, en la primera se distribuyen los reclamos a través de porcentajes a la cola agenda, mientras que la segunda distribuye a través de las prioridades asignadas por el bloque “GetPriority” asociado a un “Equation” y un “Select DE Output”, distribuyendo las entidades a las colas de reclamos urgentes o normales. Es importante

mencionar que las entidades con prioridad “1” no pueden tomar la ruta hacia la cola de agendados, ya que al ser urgencias deben ser atendidos lo antes posibles.

Posterior a cada una de las salidas de la “Decisión 1” se creó un bloque “Timer”, el cual tiene el objetivo de medir los tiempos de las entidades que pasan a través de él, desde el icono “SensorIn” hasta un punto determinado por cualquier bloque del sistema, en este caso se midieron los tiempos desde que se generan los reclamos, hasta que el móvil llega al domicilio del cliente, es decir posterior al “Hierarchical Block” denominado “Viaje más Diagnostico”.

En la fase de las colas de espera se agregaron en un “Hierarchical Block” denominado “Colas de atención”, se ocuparon principalmente los bloques “Queue FIFO”, este bloque representa una cola de espera con política de atención “First-in-first-out”, es decir, la primera entidad en llegar es la primera entidad en ser atendida. Luego, para cada ruta hacia las colas se ocuparon diferentes bloques:

- Cola Agenda: en primer lugar se agregó un bloque “Set Attribute” para asignar la prioridad “2” a las entidades que pasen por esta ruta, luego se creó un bloque “Activity, Multiple”, que actúa como bloque de servicio para retener a múltiples entidades a la vez por un lapso de tiempo específico. En este caso representan un tiempo de retención correspondiente a 24 horas. Luego, se agregó un “Select DE Output” asociado a un bloque “Input RandomNumber”, con una asignación de 70% de envíos para la mañana y 30% para la tarde. Cada ruta es demandada por un bloque “Activity, Service”, que al asignarle una opción en la función “Use shift”, deja pasar a las entidades de acuerdo a las horas de la simulación en que el bloque “Shift” se encuentre encendido. En este caso el “Shift” de mañana se encuentra abierto todos los días desde las 8:00 hasta las 13:30, mientras que el de la tarde de 14:30 hasta las 24:00 horas. Posteriormente, las entidades desembocan con un bloque “Combine” a un último “Queue FIFO” donde esperan la disponibilidad de un móvil para su atención.
- Cola Urgente: solamente se creó un bloque “Queue FIFO” donde las entidades esperan la disponibilidad de un móvil para su atención.
- Cola Normal: al igual que la cola urgente se creó un bloque “Queue FIFO” donde las entidades esperan la disponibilidad de un móvil, pero posterior a esto se agregó un “Batch Variable” que demanda los reclamos cuando se cumple una condición específica asociada al icono “Demand”, en este caso el bloque abre el paso cuando la suma de las 3 colas supera los 200 reclamos. Esta condición es asignada por el bloque “Decisión” el cual arroja valores “1” si la condición es verdadera o “0” si la condición es falsa. La desviación de los reclamos desemboca en una ruta

que envía las entidades al bloque “Exit” con el nombre “Envío a Contratistas” a través de un “Combine”. Además se agregó un “CountsItems” asociado con un “Plotter, DiscreteEvent” para ver cuántos envían en el transcurso del tiempo.

Posterior a las 3 colas, se creó un bloque “Select DE Input” y conectó a cada una de las entradas de este bloque la salida de los “Queue FIFO”, la función que cumple el objeto es dar prioridad a las entidades que provengan de la conexión “Ain” (Cola urgente), luego “Bin” (Cola agenda) y por ultimo “Cin” (Cola normal).

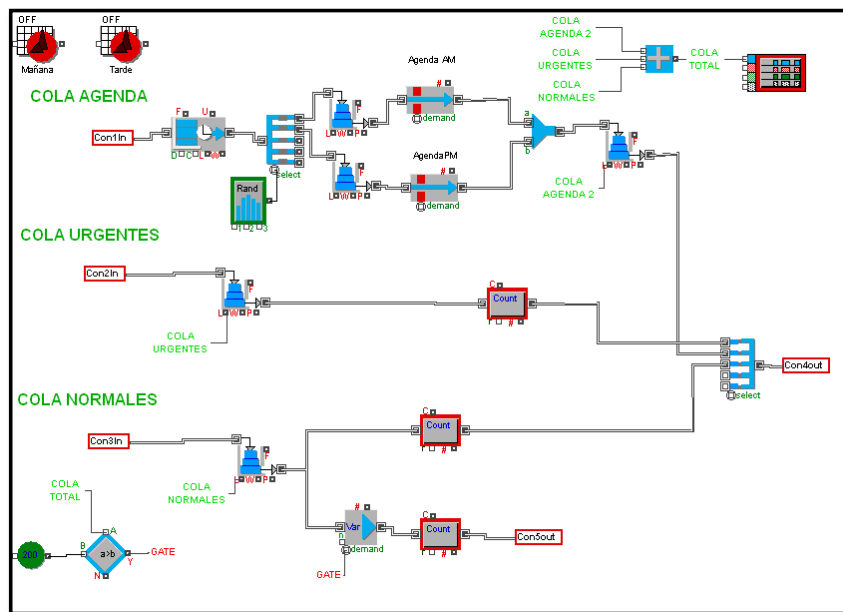


Figura 19: Estructura de Colas de espera.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

La Figura 19 muestra la estructura de cada una de las colas, donde se agregaron cuadros de texto asociados a los iconos “QueueLengthOut” de los bloques “QueueFIFO” que representan las colas de agenda, urgentes y normales. La función de los cuadros de texto es que se pueden vincular a bloques que entregan información, en este caso se asociaron a un bloque “QueueFIFO”, pero antes se sumaron para ver en qué momento del tiempo de simulación se producían los 200 reclamos en cola, para ello se creó un bloque “Add” vinculado a los cuadros de texto.

Continuando con la elaboración del modelo, se agregó un bloque “Batch” que tiene la función de retener las entidades que ingresan por el icono “ItemsAin” hasta que un móvil ingrese por el

“ItemsCin”, una vez cumplida esta condición el móvil con el reclamo se unen como una única entidad. Cabe mencionar, que los móviles provienen del “Hierarchical Block” denominado “Recursos propios”, donde se creó un bloque “Labor” asociado a un objeto “Schedule”, este último cumple un rol principal en el modelo, ya que es aquel que establece los horarios trabajo y la cantidad de móviles de los distintos turnos.

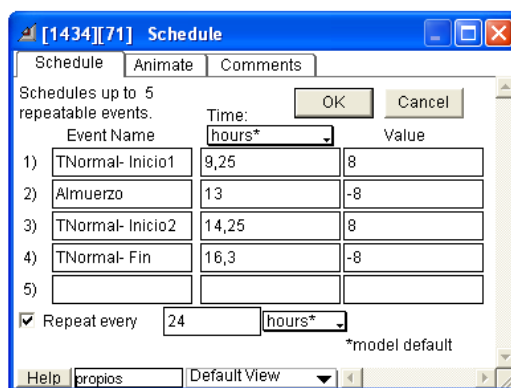


Figura 20: Configuración del bloque “Schedule”, Turno Normal.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

En la Figura 20 se observa la configuración del “Schedule” del TN, donde se agregó la hora de inicio a las 9:15 horas (9,25 en formato de horas) en la columna “Time” y 8 móviles en la columna “Value”, luego en el evento N°2 se añadió el primer retiro de los equipos correspondiente a las 13:00 horas del almuerzo y en la casilla “Value” un -8, el signo negativo representa que en esa hora los móviles se retiran y no atienden hasta que vuelvan ingresar. Este procedimiento se repitió para cada uno de los turnos modificando los “Schedule” según el horario correspondiente. La conexión entre estos bloques se realiza desde el icono “ItemOut” del “Schedule” hacia el icono “ChangeIn” del bloque “Labor”. Además, con respecto al bloque “Labor”, se crearon 3 bloques “Shift” para restringir la atención de los turnos a los días que le correspondan al turno, el primero se denominó “Semana” y se enciende desde la hora 0 y se apaga a la hora 120 de la simulación, el segundo se denominó “Sábado” se enciende a las 120 y se apaga a la hora 144 y por último el “Domingo” se enciende a las 144 y se apaga a las 168 horas. De esta manera seleccionando la opción “Use Shift” se asegura que los móviles atiendan los días que les corresponda. Finalmente, se agregó un “Set Attribute”, el cual asigna el atributo “Tipo de turno”. Luego, se creó un “Combine” que une todos los móviles provenientes de los distintos turnos hacia el icono “ItemsCin” del bloque “Batch”.

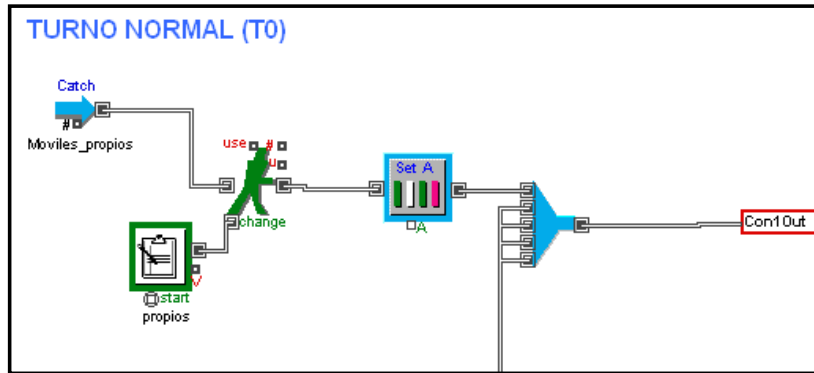


Figura 21: Estructura de Recursos Propios, Turno Normal.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

Como se observa en la Figura 21, también se agregó un bloque “Catch”, creando en la opción “Catch group” el grupo “móviles propios”, luego se unió hacia el ícono “ItemIn” del bloque “Labor”. La función del bloque “Catch” es capturar los móviles que vuelven al “Labor”. El despacho hacia estos objetos es realizado por los bloques “Throw” ubicados en cada una de las salidas del modelo y en el reingreso de las entidades hacia la cola de agenda, lo cual será explicado más adelante. Además, para que el móvil volviera al turno “Labor” que le correspondiera, se tuvo que crear un nuevo atributo denominado “Tipo móvil” y seleccionarlo en la pestaña “Attributes” del mismo, asignándole un número. Luego se seleccionó en la opción “For catch group” el grupo “móviles propios” de manera que coincida con las capturas de los “Catch”, y además se especificó “Specify Catch block by attribute value” del bloque “Throw” el atributo “Tipo móvil” con el objetivo de vincular el tipo de turno que corresponda.

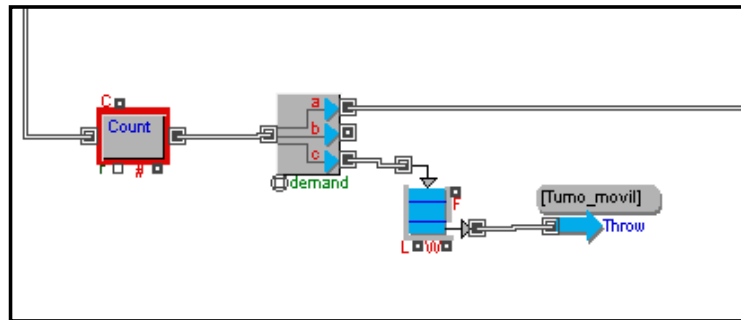


Figura 22: Estructura para separación “Móvil-Reclamo”.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

La Figura 22 muestra el bloque que separa el móvil del reclamo antes de que se retire del sistema, esta tarea es realizada por el bloque “Unbatch” que separa la entidad única a través de 2 iconos, el primero “ItemsAOuts” envía los reclamos hacia las salidas, mientras el segundo “ItemsCOuts” envía los móviles hacia los “Throw”.

Para la siguiente fase se creó “Hierarchical Block” nombrado “Viaje más Diagnostico”, donde se añadió un “GetAttribute”, conectado desde el icono “AttributeValueOut” hacia el icono “DemandIn” del bloque “Select DE Output”, de tal manera que las entidades se distribuyan de acuerdo al atributo “Tipo de Turno”, después de cada ruta se creó “Activity, Multiple” con los tiempos de traslado asociados a distribuciones de probabilidad entregadas por una vinculación con un “Input Randomnumber”. Para poder separar los tiempos de cada día, se creó un bloque “Queue FIFO” con dos “Activity, Service” posteriores, asociados en la opción “Use Shift” correspondiente a cada día de la semana. Posteriormente las rutas desembocan en un “Combine” y pasan por un último “Activity, Multiple” con un tiempo constante de 10 minutos, correspondiente al proceso de diagnóstico. La Figura 23 refleja como quedo construida esta vinculación de bloques.

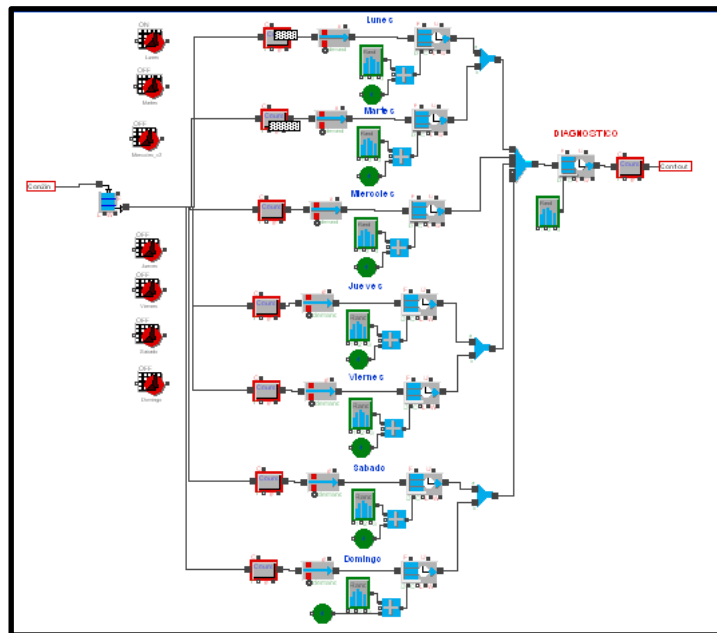


Figura 23: Estructura de Viaje más Diagnóstico.

Fuente: Captura de pantalla, Software Extend.

Luego, las entidades pasan por una de las últimas fases denominada “Decisión 2”, donde la estructura de construcción es similar a la de la “Decisión 1” anterior, pero variada principalmente, por los porcentajes de probabilidad que distribuyen las entidades en diferentes salidas [Ver Anexo N°3]:

- La primera reenvía las entidades a la cola de agenda, estableciendo por el área de programación que el 5% de los reclamos debe Reprogramarse y por lo tanto volver a la fila. Para representar esta ruta se agregó un “Unbatch” con un “Throw” desde el icono “ItemsCOuts”, con el objetivo de liberar los móviles. Luego se enlazó el icono “ItemsAOuts” con un “Combine” hacia la cola de agenda, de tal manera que los reclamos volvieron a recorrer las etapas anteriormente mencionadas.
- La segunda desemboca en una nueva etapa denominada “Ejecución Equipo Propio”, que tiene un “Hierarchical Block” con una estructura similar a la de las decisiones, pero esta vez al final de cada OT se agregó un bloque “Activity, Multiple” con los tiempos estándar detallados en el apartado 3.3.3. Luego de esto, la entidad sale del sistema a través del bloque “Exit”, denominado “Cierre de OT”.
- Para la tercera opción, se creó nuevamente un “Unbatch”, repitiendo la construcción del punto anterior, pero esta vez los reclamos son guiados directamente hacia una salida del sistema a través del bloque “Exit”, el cual fue denominado “Cierre de OT”. La razón de esta salida directa es la desestimación de los reclamos por no encontrar problema al momento de la visita.
- La cuarta opción representa el envío de los reclamos a contratistas. Las entidades salen del sistema a través del bloque “Exit” denominado “Envío a Contratistas”.

Finalmente con la unión de todas las etapas con sus respectivos bloques, la estructura del modelo computacional del proceso de atención de reclamos se ve reflejada en la Figura 24:

Al comparar el modelo computacional con el modelo conceptual se puede observar que las principales diferencias se encuentran en el aspecto visual del modelo computacional ya que para representar los procesos y decisiones del sistema planteado se tuvo que crear y relacionar una gran cantidad de objetos y bloques.

3.5 Determinación del número de corridas y Validación

Antes de continuar con la validación del modelo se necesita saber cuántas corridas del experimento se deben realizar para obtener un estimador con un nivel de confianza y error deseado. Cabe mencionar, que mientras mayor sea el número de corridas se tendrá un mejor estimado puntual de los valores en estudio.

La fórmula ocupada para calcular el número de corridas fue la siguiente:

$$n = \left\{ \frac{(t_{n-1, \alpha/2}) * S_0}{e * \bar{X}_0} \right\}^2$$

Dónde:

- n : es el número de corridas requerida para alcanzar un nivel deseado de precisión.
- S_0 : es la desviación estándar de la variable de respuesta a evaluar basada en un número de corridas de prueba del modelo.
- \bar{X}_0 : es el promedio de la variable de respuesta a evaluar basada en un número de corridas de prueba del modelo.
- e : especifica el nivel permitido de error y la incertidumbre α que se está dispuesto a aceptar entre la media estimada y la verdadera media de la variable escogida.
- α : es el valor crítico de la distribución student.

Se calculó el número de corridas necesarias para obtener estimadores de las siguientes variables de respuesta del sistema: número de reclamos ingresados, cantidad de reclamos atendidos y cantidad de reclamos enviados a contratista por sobredemanda.

Inicialmente se ejecutaron 100 simulaciones como base para el cálculo del número de corridas, considerando una confianza del 95%. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de las variables evaluadas:

Variable de respuesta	Promedio	Desviación estándar	α	Error (e)	n
N° de reclamos ingresados	4973,53	52,718	5%	24,641	61
N° de reclamos atendidos	4736,82	22,177	5%	23,431	14
Envío por sobredemanda	105,14	1,968	5%	5,510	59

Tabla 9: Cálculo del número corridas por variable de respuesta.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados de la Tabla 9, se observa que existen diferentes valores para el número de corridas. Se tomó como valor para el modelo el mayor de ellos, puesto que con esto se asegurará un grado de exactitud mayor al necesario en las demás variables de respuesta. En conclusión, se establece que las 100 corridas realizadas como prueba son suficientes para obtener resultados con significancia, ya que superan el mayor valor obtenido (61 corridas).

En adición, para validar el modelo se procedió a obtener los intervalos de confianza con una confiabilidad del 95%. Para la variable número de reclamos ingresados se obtuvo que el intervalo de confianza varía de [4954.57, 4992.49], por lo tanto, se puede asegurar con un 95% de confianza que el promedio de reclamos está dentro de este intervalo. De igual manera, el promedio de reclamos atendidos se encuentra en el intervalo de confianza de [4732.47, 4741.49] y por lo tanto se puede validar el promedio de reclamos atendidos. Finalmente, la cantidad promedio de reclamos enviados a CTTA por sobredemanda se encuentra entre el intervalo de [104.62, 106.36].

A partir de los resultados obtenidos en la simulación, se puede concluir que el modelo representa adecuadamente el sistema objeto del estudio y por lo tanto se valida el comportamiento actual de la simulación.

Capítulo 4: Diseño de Escenarios

Los diferentes escenarios propuestos a continuación, se basan en la utilización de diferentes cantidades de móviles en los turnos, evaluando cambios en el sistema con los recursos propios de la empresa y con recursos adicionales para la atención.

4.1 Escenarios con cambios de turno

Como primer análisis se plantea un diseño de escenarios con variaciones en la cantidad de equipos de atención por turno, manteniendo los mismos recursos de la empresa.

4.1.1 Escenario N°1: Traspaso de 2 móviles a Turno Normal

El primer escenario consiste en traspasar 2 trabajadores del T24 (tipo de turno de la mañana) hacia el turno Normal, quedando 10 equipos en TN y 6 en T24. Con este cambio la cantidad de total de móviles por rangos horarios quedan de la siguiente manera:

Días	Rango horario	Nº Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12
	15:18 a 17:18 hrs	14
	17:18 a 21:00 hrs	4
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	4
	18:30 a 20:30 hrs	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	2

Tabla 10: Características de Escenario N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Para representar los cambios en el modelo computacional, solo se modificó la cantidad de móviles en el bloque “Schedule”, donde se cambiaron los valores de los turnos mencionados.

4.1.2 Escenario N°2: Traspaso de 4 móviles a Turno Normal

El Escenario N°2 consiste en traspasar 4 trabajadores del T24 (tipo de turno de mañana) hacia el TN, quedando 12 equipos en TN y 4 en T24, es decir solo atendiendo en la tarde. Con este cambio la cantidad de total de móviles por rangos horarios quedan de la siguiente manera:

Días	Rango horario	N° Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12
	15:18 a 17:18 hrs	16
	17:18 a 21:00 hrs	4
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	4
	18:30 a 20:30 hrs	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	-

Tabla 11: Características de Escenario N°2.

Fuente: Elaboración propia.

Para representar los cambios en el modelo computacional, solo se modificó la cantidad de móviles en el bloque “Schedule”, en el cual se cambiaron los valores de los turnos mencionados.

4.1.3 Escenario N°3: Traspaso de 4 móviles a Turno 24

El tercer escenario consiste en traspasar 4 trabajadores del TN hacia el T24 (tipo de turno de mañana), quedando 4 equipos en TN y 12 en T24. Con este la cantidad de total de móviles por rangos horarios quedan de la siguiente manera:

Días	Rango horario	N° Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12
	15:18 a 17:18 hrs	8
	17:18 a 21:00 hrs	4
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	4
	18:30 a 20:30 hrs	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	8

Tabla 12: Características de Escenario N°3.

Fuente: Elaboración propia.

Para representar los cambios en el modelo computacional, solo se modificó la cantidad de móviles en el bloque “Schedule”, en el cual se cambiaron los valores de los turnos mencionados..

4.1.4 Escenario N°4: Traspaso de 6 móviles a Turno 24

El Escenario N°4 consiste en traspasar 6 trabajadores del TN hacia el T24, cediendo 4 equipos al turno mañana y 2 al turno tarde. De esta forma quedan 2 equipos en TN y 14 en T24. Con este cambio la cantidad de total de móviles por rangos horarios quedan de la siguiente manera:

Días	Rango horario	N° Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	10
	15:18 a 17:18 hrs	8
	17:18 a 21:00 hrs	6
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	6
	18:30 a 20:30 hrs	4
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	8

Tabla 13: Características de Escenario N°4.

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario solo se modificó la cantidad de móviles en el bloque “Schedule”, en el cual se cambiaron los valores de los turnos mencionados.

4.1.5 Escenario N°5: Todos los móviles con Turno Normal

El objetivo este escenario consiste en evaluar la atención en un caso extremo, es decir, que pasaría si todos los móviles trabajasen en turno Normal, traspasando 8 móviles desde el turno T24 hacia el TN. Esto significa que habría 16 móviles atendiendo dentro del horario de lunes a viernes, pero ningún equipo el fin de semana. El diseño de este escenario es similar a la situación actual de atención, a excepción de la variable cantidad de móviles. En este la cantidad de total de móviles por rangos horarios quedan de la siguiente manera:

Días	Rango horario	Nº Móviles
Lunes a Viernes	08:30 a 17:18 hrs	16

Tabla 14: Características de Escenario N°5.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la modificación de la cantidad de móviles se realizó en el bloque “Schedule” donde se cambiaron los valores a 16 móviles.

4.1.6 Escenario N°6: Todos los móviles con Turno 24.

Este escenario consiste en evaluar la atención en otro caso extremo donde todos los móviles trabajan en turno T24, por lo que se traspasan 4 móviles al turno mañana y 4 móviles al turno tarde. Esto significa que en la semana habría 8 móviles en la mañana y 8 en la tarde, mientras que para el sábado 8 y el domingo 4 equipos. El diseño de este escenario es similar a la situación actual de atención, a excepción de la variable cantidad de móviles:

Días	Rango horario	Nº de Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	8
	13:42 a 21:00 hrs	8
Sábado	08:30 a 10:30 hrs y 09:30 a 19:30 hrs	4
	10:30 a 18:30 hrs	8
	18:30 a 20:30 hrs	4
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	8

Tabla 15: Características de Escenario N°6.

Fuente: Elaboración propia.

Para representar los cambios en el modelo computacional se modificó la cantidad de vehículos, se configuró el bloque “Schedule” con los valores de la Tabla 15.

4.2 Escenarios con trabajadores adicionales

4.2.1 Escenario N°7: Situación actual con 2 equipos adicionales

Para el escenario N°7 se consideraron las mismas condiciones de la situación actual, pero esta vez se agregaron 2 equipos al turno tarde del T24. Con esta incorporación el TN se mantiene con 8 equipos mientras el T24 alcanza los 10 móviles. A continuación, en la Tabla 17 se presentan en modo de resumen los cambios para este escenario.

Días	Rango horario	N° Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12
	15:18 a 17:18 hrs	14
	17:18 a 21:00 hrs	6
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	6
	18:30 a 20:30 hrs	4
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	4

Tabla 16: Características de Escenario N°7.

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el escenario de la situación actual, en el modelo de simulación se mantienen los bloques “Activity, Multiple”, pero se cambian los valores del bloque “Schedule” con las diferentes cantidades de equipos atendiendo.

4.2.2 Escenario N°8: Situación actual con 4 equipos adicionales

Para ese consideraron las mismas condiciones de la situación actual, pero esta vez se agregaron 4 equipos al T24, agregando 2 al turno mañana y 2 al turno tarde. Con esta incorporación el TN se mantiene con 8 equipos mientras el T24 aumenta a 12 móviles. A continuación, en la Tabla 18 se presentan en modo de resumen los cambios para este escenario.

Días	Rango horario	Nº Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	14
	15:18 a 17:18 hrs	14
	17:18 a 21:00 hrs	6
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2
	10:30 a 18:30 hrs	6
	18:30 a 20:30 hrs	4
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	6

Tabla 17: Características de Escenario N°8.

Fuente: Elaboración propia.

Para los cambios en la cantidad de móviles en el modelo, se modificó el bloque “Schedule” donde se cambiaron los valores según la Tabla 17.

4.2.3 Escenario N°9: TN con 14, T24 con 2 y agregando 2 equipos adicionales.

El Escenario N°9 consiste en evaluar la atención con 14 equipos en turno normal y 2 en turno 24, a este último se adicionara 2 móviles, de tal manera que queden 2 móviles de turno mañana y 2 en turno tarde. El diseño de este escenario es similar a la situación actual de atención, a excepción de la variable cantidad de móviles y los tiempos de traslado. Para este escenario la cantidad total de móviles por rangos horarios quedan de la siguiente manera:

Días	Rango horario	Nº Móviles
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	16
	15:18 a 17:18 hrs	16
	17:18 a 21:00 hrs	2
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	-
	10:30 a 18:30 hrs	2
	18:30 a 20:30 hrs	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	2

Tabla 18: Características de Escenario N°9.

Fuente: Elaboración propia.

La modificación de la cantidad de móviles se realizó en el bloque “Schedule” donde se cambiaron los valores según la Tabla 18.

4.3 Resumen de escenarios

Según las características planteadas en los diferentes escenarios, a continuación se presenta una tabla resumen con la cantidad de equipos por rango horario:

Días	Rango horario	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12	12	12	10	16	8	12	14	16
	15:18 a 17:18 hrs	14	16	8	8	16	8	14	14	16
	17:18 a 21:00 hrs	4	4	4	6	-	8	6	6	2
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2	2	2	2	-	4	2	2	-
	10:30 a 18:30 hrs	4	4	4	6	-	8	6	6	2
	18:30 a 20:30 hrs	2	2	2	4	-	4	4	4	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	2	-	8	8	-	8	4	6	2

Tabla 19: Resumen de cantidad de equipos por escenario.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19, se puede observar que la mayoría de los escenarios presentan la mayor cantidad de móviles en el rango horario de 08:00 horas a 15:18 horas. Esto se debe a que se consideró principalmente evaluar la atención en los rangos horarios donde se produce el mayor ingreso de reclamos.

4.4 Valorización de las propuestas

Para valorizar económicamente las propuestas y sus cambios, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Costos de envío de tareas a CTTA por sobre demanda

Cabe mencionar que todo costo adicional como transporte al domicilio u otras tareas relacionadas, son de cargo exclusivo del contratista. Por lo tanto, en el costo unitario de solución se incluyen todos los haberes relacionados con la ejecución de las tareas.

N° OT	Tipo de OT	Costo unitario de solución
11	Escape en arranque	\$ 91.000
12	Escape en vía publica	\$ 50.000
13	Inundación propiedad por escape vía publica	\$ 91.000
14	Llave paso exterior defectuosa	\$ 52.000
15	Llave paso interior defectuosa	\$ 24.000
16	Llave paso interior defectuosa	\$ 24.000
17	Inundación propiedad por robo de MAP	\$ 91.000
18	Medidor dañado o filtrando	\$ 23.000
19	Robo MAP	\$ 23.000

Tabla 20: Costos de envío a CTTA.

Fuente: Elaboración propia con datos de la zona.

El listado la Tabla 20, detalla exclusivamente los costos de los tipos de órdenes de trabajo que se envían con mayor frecuencia al contratista por sobredemanda, el resto de las tareas no son enviadas a CTTA sin una previa evaluación o diagnóstico del problema en terreno. Por lo tanto, para las características del análisis no son agregadas como valores en las propuestas.

Costos por remuneraciones

Otro costo agregado a la evaluación de los escenarios son las remuneraciones de los trabajadores según el turno de atención.

Tipo de Turno	Costo de remuneración
TN	\$538.975
T24	\$625.324

Tabla 21: Remuneración según turno de atención.

Fuente: Elaboración propia con datos de la zona.

En la Tabla 21 se puede observar que existe una diferencia monetaria entre las remuneraciones según tipo de turno, esto se debe principalmente a que el T24, al contrario del turno normal también trabaja los días sábados y domingos. Es importante mencionar que se tomaron como valores de referencia las remuneraciones brutas promedio de los trabajadores del año 2013.

Finalmente, considerando estos aspectos se calculó el costo total sumando las 2 variables económicas para obtener un valor de referencia en cada escenario propuesto.

Capítulo 5: Resultados

5.1 Resultados de los escenarios.

Considerando las condiciones para las distintas alternativas propuestas, los resultados para cada uno de los escenarios fueron los siguientes:

Días	Rango horario	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9
Lunes a Viernes	08:00 a 15:18 hrs	12	12	12	10	16	8	12	14	16
	15:18 a 17:18 hrs	14	16	8	8	16	8	14	14	16
	17:18 a 21:00 hrs	4	4	4	6	-	8	6	6	2
Sábado	08:30 a 10:30 hrs	2	2	2	2	-	4	2	2	-
	10:30 a 18:30 hrs	4	4	4	6	-	8	6	6	2
	18:30 a 20:30 hrs	2	2	2	4	-	4	4	4	2
Domingo	09:30 a 19:30 hrs	2	-	8	8	-	8	4	6	2

Resultados Mensuales	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9
N° de reclamos ingresados	4963	4925	4927	4938	4918	4947	4928	4933	4941
N° de reclamos atendidos	4778	4744	4913	4946	4485	4964	5005	5008	4902
Envío por sobredemanda	84	130	0	0	376	0	0	0	24
% de cumplimiento	68%	71%	85%	92%	78%	95%	94%	93%	83%
Costo Total (Millones)	-\$ 1,2	\$ 1,0	-\$ 4,5	-\$ 4,4	\$ 11,7	-\$ 4,2	-\$ 3,6	-\$ 2,4	-\$ 3,2

Tabla 22: Resultados de escenarios.

Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida de las diferentes alternativas propuestas de la Tabla 22, se procedió a comparar gráficamente los escenarios para definir cuál de ellos presenta mejores resultados y compararlos con la situación actual.

5.2 Análisis comparativo de los resultados de los escenarios.

En las Figuras 27, 28 y 29, se observa gráficamente la comparación de los resultados obtenidos para todos los escenarios. El análisis comparativo entre los escenarios considera los resultados de la situación actual para distinguir de manera más clara las diferencias existentes con las alternativas planteadas.

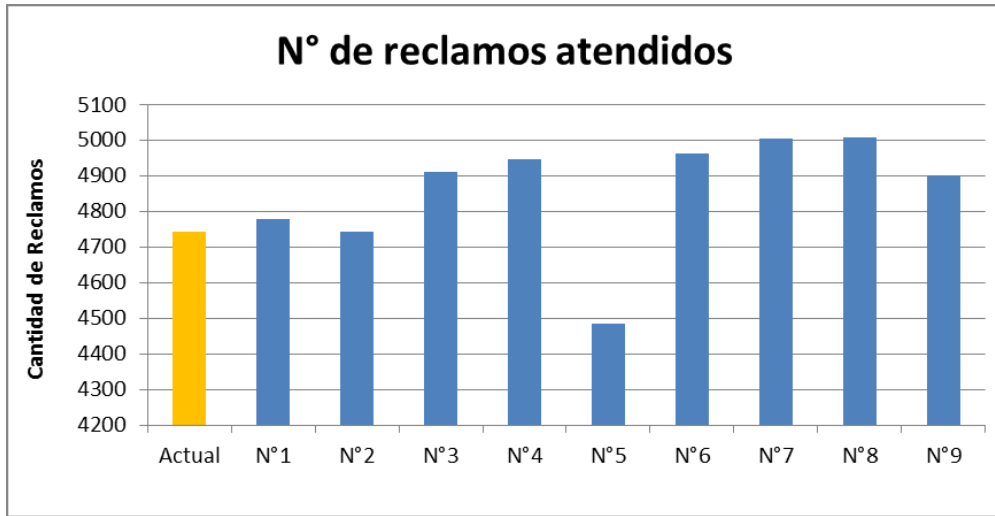


Figura 25: Comparación de reclamos atendidos.

Fuente: Elaboración propia.

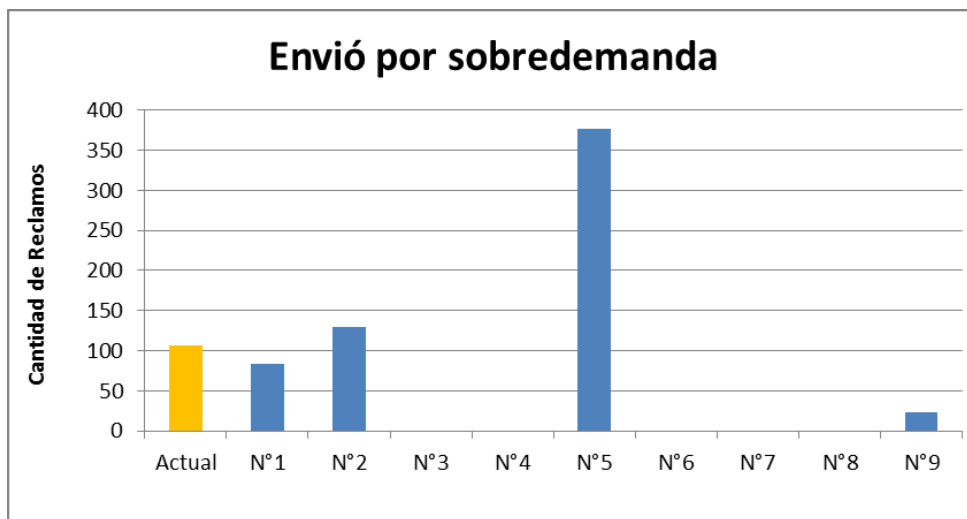


Figura 26: Comparación de envío a CTTA por sobredemanda.

Fuente: Elaboración propia.

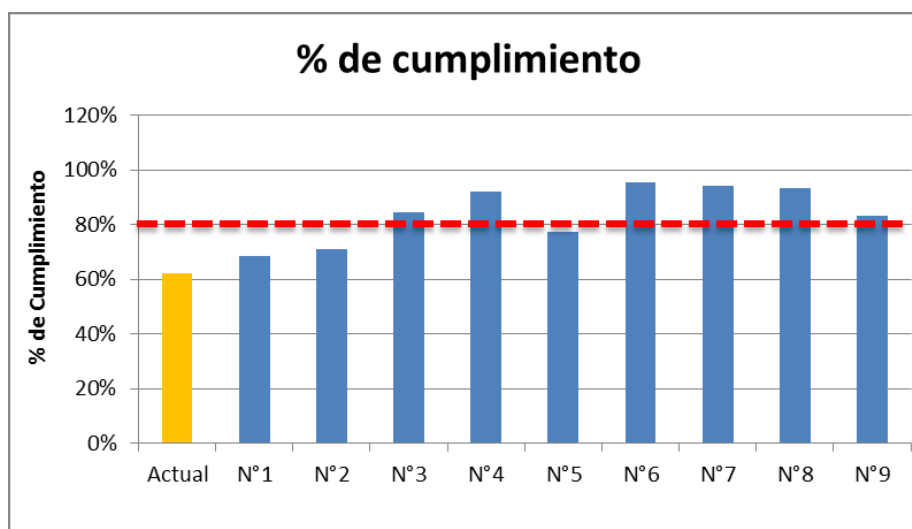


Figura 27: Comparación de índice de cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia.

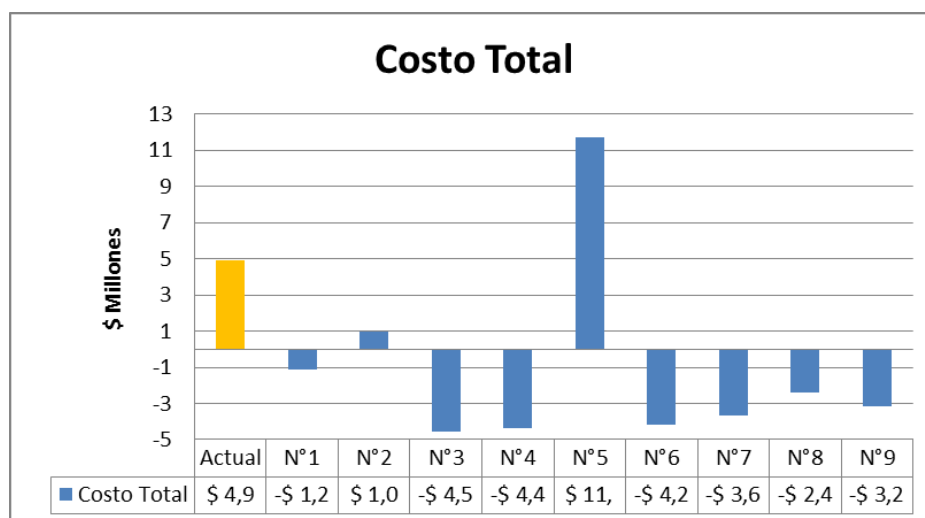


Figura 28: Comparación de costos totales.

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar cada uno de los escenarios se concluye que:

- Para el escenario N°1, se puede apreciar una mejora de 34 reclamos atendidos respecto de la situación actual y además un leve aumento de los estándares exigidos por la norma, alcanzado

un 68%. Por otro lado, el aumento de móviles en el rango horario de 15:18 a 17:18 horas produce una disminución de envíos de reclamos a contratista por sobredemanda, influyendo directamente en una disminución de los costos totales en un valor aproximado de 1,2 millones de pesos.

- Observando los resultados del escenario N°2, no existe un aumento en la cantidad de reclamos atendidos comparado con la situación actual. Pero, el cambio de turno de 4 equipos hacia el TN repercute en un aumento de un 9% en el cumplimiento de los tiempos estándares. No obstante, aunque este escenario presenta buenos resultados generales tiene un aumento en los costos totales de 1 millón pesos aproximadamente.
- De la información obtenida del escenario N°3, se puede concluir que es uno de los escenarios que sobrepasa el índice de cumplimiento con un 85%. Adicionalmente, no existen envíos de reclamos por sobredemanda, reflejando un ahorro de un 100% en los costos.
- El escenario N°4, al igual que el N°3 presenta buenos resultados en todos los aspectos mencionados, pero el más significativo es el aumento de los estándares de cumplimiento en un 30%
- De los resultados del escenario N°5, se puede detallar que aunque existe una mejora significativa en el porcentaje de atención dentro de los tiempos, dejar de atender los fines de semana repercute en un envío excesivo de reclamos a contratista y por lo tanto de un aumento de los costos totales equivalente a 11,7 millones de pesos en el mes.
- El escenario N°6 presenta una reducción del envío a CTTA de un 100% respecto a la situación actual. Tomando en cuenta que la cantidad diaria de móviles atendiendo en este escenario es constante (8 móviles de lunes a viernes), con esta cantidad de móviles atendiendo es posible llegar cumplir los estándares de calidad alcanzando un 95%.
- Del escenario N°7 se puede concluir que mantener la distribución actual pero aumentando en 2 equipos el turno tarde, produce un aumento importante en el índice de cumplimiento alcanzando un 94% de atención dentro de los tiempos meta. Además, existe un nulo envío de reclamos a CTTA que repercute en una disminución total de los costos.
- De los resultados obtenidos del escenario N°8, se observa que la cantidad de reclamos atendidos mensualmente es cercana a la cantidad total ingresada y el porcentaje de reclamos atendidos dentro de los plazos aumenta notoriamente alcanzando un 93% de cumplimiento. Por otro lado, la cantidad de reclamos enviados a contratista por sobredemanda es nula.

- Para el escenario N°9, se observa que con esta distribución también se logra alcanzar la meta de atención con un 83%. Al mismo tiempo, se obtiene una disminución respecto a la situación actual de un 64%

Finalmente, se puede concluir que el escenario con cambios en la estructura de turnos manteniendo los mismos recursos que presenta mejores resultados es el N°6. Ya que es el escenario que alcanza el porcentaje de cumplimiento más alto y a la vez existe un nulo envío de reclamos a contratista por sobredemanda.

Por el lado de los escenarios en los cuales se agregó recursos, el que presenta mejores resultados es el N°7, ya que el alcanza un 94% de cumplimiento dentro de los tiempos establecidos. Por otro lado, el costo de aumentar la cantidad de equipos atendiendo, se ve retribuido significativamente por la reducción de los costos totales que provienen del envío de reclamos a CTTA, situación que se refleja en este escenario.

Capítulo 6: Conclusiones

6.1 Conclusiones Generales

En este trabajo se logró desarrollar un modelo de simulación de turnos que resolvió el déficit de cumplimiento de los estándares de calidad de atención de reclamos de agua potable y logro reducir la cantidad de solicitudes no atendidas a tiempo de un sector específico de clientes ubicados en la región Metropolitana. Se logra reasignando los trabajadores a los distintos turnos y haciendo referencia al costo económico que eso tiene.

La forma en que se abordó el problema fue mediante la simulación, metodología que permitió establecer todas las restricciones horarias, los indicadores de cumplimiento y las variables a minimizar, de acuerdo a lo planteado por la norma ISO y los recursos de la empresa. Actualmente el cumplimiento del estándar de calidad no está siendo satisfecho, por lo que esta herramienta no solo presenta tiempos de atención menores mediante la reasignación de los trabajadores a los distintos turnos, sino también representa una mejora en la calidad del servicio ofrecido al cliente y el uso de los recursos disponibles. En esta problemática se abordó el caso de los reclamos emitidos por los clientes correspondientes a la zona sur de Santiago. Donde en el mejor de los escenarios manteniendo los recursos de la empresa, se obtuvo un aumento del cumplimiento de los índices de atención de un 33% respecto a la situación actual. Por otro lado, se obtuvo a la vez una reducción de los costos totales equivalente a un 100%.

Es importante mencionar que la reducción de costos se debe principalmente al envío de reclamos por sobredemanda para que lo solucionen los contratistas. Que en este caso, es reducido totalmente respecto a la situación actual.

Para poder determinar la mejor solución, se plantearon alternativas que aumentaron la cantidad de móviles en los rangos horarios de mayor ingreso de reclamos (de 12:00 a 14:00 horas de lunes a viernes). Además, se estudió la opción de aumentar la cantidad de equipos atendiendo los días sábados y domingo, aunque esto signifique un mayor costo, debido a que los turnos que trabajan los fines de semana tienen mayores remuneraciones, el beneficio que se produce al enviar menor cantidad de reclamos a contratista y dejar de asumir este coste.

Con respecto a los resultados obtenidos con el modelo base, se puede concluir que la principal componente que permite mejorar los estándares de atención, es la cantidad de posibles combinaciones de trabajadores para cada tipo de turno. Es así como en los dos tipos de turno del modelo, se determinó

cambiar la dotación, traspasando del T24 al TN o viceversa, reduciendo o aumentando el costo relacionado con las remuneraciones.

Otros resultados importantes de señalar, fueron los escenarios con incorporación de equipos de atención: Escenarios N°7, N°8 Y N°9. Los 2 primeros fueron los que obtuvieron mejores resultados alcanzando valores parecidos, que superaron los índices de atención por sobre el 90% de cumplimiento. Además, ambos alcanzaron una reducción de un 100% de los reclamos enviados a CTTA respecto a la situación actual. La única diferencia se encuentra en los costos totales que significan estos cambios e incorporaciones, siendo el escenario N° 6 el que tienes menores costos y por lo tanto el elegido como mejor opción a recomendar.

6.2 Implementación

Para la implementación de las propuestas, no existen limitaciones en cuanto a la cantidad de vehículos, ya que la central de la zona Antilco cuenta con 16 móviles disponibles para atender y el espacio suficiente para estacionar 2 o 4 móviles más en sus dependencias. Respecto al manejo remoto de los programadores, la máxima cantidad de equipos en terreno que han manejado en línea según su experiencia es de 12 vehículos, por lo que esto podría ser una limitación para su aplicación o podría significar un costo extra al agregar otro programador, pero este ámbito no si considero para la simulación en estudio.

6.3 Recomendaciones

Para efectos de la implementación de esta herramienta es importante señalar, que su aplicación es recomendable de aplicar solo durante los meses con mayor ingreso de reclamos, es decir Enero, Febrero y Marzo, los cuales tienen un comportamiento cercano en cuanto a la cantidad de reclamos totales. Implementar esta herramienta para el resto del año, puede ser efectiva en cuanto a cumplimiento de los estándares de calidad, pero también puede significar que los recursos estén ociosos y por lo tanto un costo innecesario en la utilización de los equipos.

Por otro lado, para poder aplicar la propuesta a otros meses, es recomendable ajustar los parámetros de las distribuciones de probabilidad de ingreso de lunes a domingo hasta llegar a las condiciones específicas del periodo a evaluar. Además es recomendable cambiar las restricciones horarias para meses donde escurece más temprano, es decir aumentar los tiempos incidentales de

salida, ya que hay sectores que en periodos nocturnos son inaccesibles por su peligrosidad, esto afecta directamente en los tiempos efectivos de atención del turno tarde del T24.

Con respecto al registro de los datos realizados por los equipos en terreno, se sugiere dar mayor exactitud a la toma de datos con los dispositivos PDA. Tomando en cuenta que existe una gran variedad de errores derivados al registro incorrecto de los datos que provoca tiempos excesivos entre las operaciones de la atención.

6.3 Trabajos Futuros

Para trabajos futuros el modelo es modificable y solo se necesitan conocimientos básicos del programa. Por otro lado, las licencias básicas de los software de simulación superan los 800 dólares, por lo que es recomendable usar versiones de prueba o utilizar un software equivalente.

Se propone para trabajos futuros buscar alternativas de resolución para escenarios con menor ingreso de reclamos para evaluar si los recursos llegan a estar ociosos en los meses de menor demanda por parte de los clientes y encontrar la cantidad necesaria de equipos.

Bibliografía

Chase R., Aquilano N., Jacob R., (2009). Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, duodécima edición, Editorial McGraw-Hill.

Heizer J. & Render B., (2005). Principios de Administración de Operaciones, quinta edición, Editorial Pearson Educación.

Hamdy A. Taha, (2004). Investigación de Operaciones, séptima edición, México: Editorial Pearson Educación.

Wayne L. Winston, (2005). Investigación de Operaciones, Aplicaciones y Algoritmos, cuarta edición, Editorial Thompson.

Barceló J., (1996). Simulación de sistemas discretos, España: Editorial Isdefe.

Fernández A. & Pulgar M., (2010). Estudio de mejoras de tiempos de atención a los usuarios del servicio del área de urgencia del hospital Doctor Gustavo Fricke mediante simulación. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad de Valparaíso.

Acevedo B., (2004). Mejora del proceso de resolución de reclamos de una Institución Financiera. Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial. Universidad Católica Andrés Bello.

Barrera R., (2001). Diseño de un modelo de optimización de turnos para cajeros. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad de Chile.

Anexos

Anexo N°1: Descripción de tipos de reclamos.

Tipo de reclamo	SIGNIFICADO
1.-Agua turbia	Es aquella agua que presenta sólidos en suspensión en su contenido y que no es recomendable ingerir sin previo hervimiento. Generalmente, se produce por lluvias excesivas que elevan la turbiedad en las fuentes de captación de agua potable.
2.-Color extraño	Consiste en el agua que presenta aureolas café o negruzcas en los sanitarios, además suele decolorarse al dejarse decantar durante un cierto periodo. Se origina principalmente por la presencia de hierro y manganeso en el agua potable.
3.-Exceso cloro	Agua que presenta niveles excesivos de cloro. Se origina principalmente en el proceso de desinfección del agua para la destrucción de gérmenes. El exceso de cloro puede formar subproductos halogenados.
4.-Sabor extraño	Sensación gustativa anómala producida por materias contenidas en el agua.
5.-Corte equivocado	Corte del servicio realizado por morosidad de la deuda a un domicilio erróneo.
6.-Corte fuera zona programada	Son aquellos cortes que abarcan sectores que no corresponden a las zonas planificadas. Se producen a causa de una planificación, ya sea para mejorar o reparar el servicio, extensiones, interconexiones, etc.
7.-Corte mal ejecutado	Corte mal ejecutado del servicio realizado por morosidad de la deuda.
8.-Grifo abierto	Grifos abiertos ubicados en la vía pública, que son parte integrante de la red de distribución de agua potable. Se producen principalmente por manipulación por persona ajena a la empresa sanitaria y/o funcionarios del cuerpo de bomberos.
9.-Grifo chocado	Grifos ubicados en la vía pública que presentan daños producidos por el impacto de vehículos motorizados.

10.-Grifo en mal estado	Grifos que presentan daños leves que producen escurrimiento de agua en la vía pública.
11.-Escape en arranque	Tramo de tubería y demás componentes comprendidos entre la red de distribución y el medidor domiciliario que presentan una fuga de la llave de paso ubicada antes del medidor o después de éste.
12.-Escape en vía publica	Tramo de tubería y demás componentes presentes en vía pública que presentan una fuga.
13.-Inundación propiedad por escape vía publica	Fugas de tuberías en vía pública que provocan daños al interior de la propiedad de los clientes.
14.-Inundación propiedad por escape arranque	Fugas comprendidas entre la red de distribución y el medidor domiciliario que provocan daños al interior de la propiedad de los clientes.
15.-Llave paso exterior defectuosa	Dispositivo ubicado al exterior de la propiedad que presenta problemas para dar paso o corte al flujo de agua potable.
16.-Llave paso interior defectuosa	Dispositivo ubicado al interior de la propiedad que presenta problemas para dar paso o corte al flujo de agua potable.
17.-Inundación propiedad por robo de MAP	Medidor de agua potable que al ser hurtado o dañado provoca fugas al interior de la propiedad de un cliente.
18.-Medidor dañado o filtrando	Medidor de consumo de agua potable que presenta problemas en el registro o fugas de filtración que alteran su correcto funcionamiento.
19.-Robo MAP	Medidor de agua potable hurtado que necesita reposición.
20.-Reposición corte por deuda mal ejecutada	Reposición mal ejecutada del corte del servicio realizado por morosidad.
21.-Reposición corte por deuda sin orden emitida	Reposición del corte del servicio realizado por morosidad sin previo aviso al cliente.
22.-Reposición no ejecutada	Reposición del corte del servicio realizado por morosidad que no se ha realizado al cliente.
23.-Sector sin agua	Zonas que no tienen servicio de agua potable.
24.-Sin agua. Sin corte por deuda	Sector sin agua, al que no se le ejecuto un corte por deuda.

25.-Baja presión. Individual	Problemas de baja presión en un domicilio individual. Se producen por una mala regulación del sistema de agua potable (cierre de válvulas, pérdidas considerables en la red, problemas en las fuentes de producción de la empresa, etc).
26.-Baja presión. Masivo	Problemas de baja presión que abarcan a varios clientes de un sector.
27.-Exceso de presión	Problemas de alta presión en un domicilio individual.

Anexo N°2: Distribuciones de probabilidad por día.

Lunes

Tiempos entre llegadas.

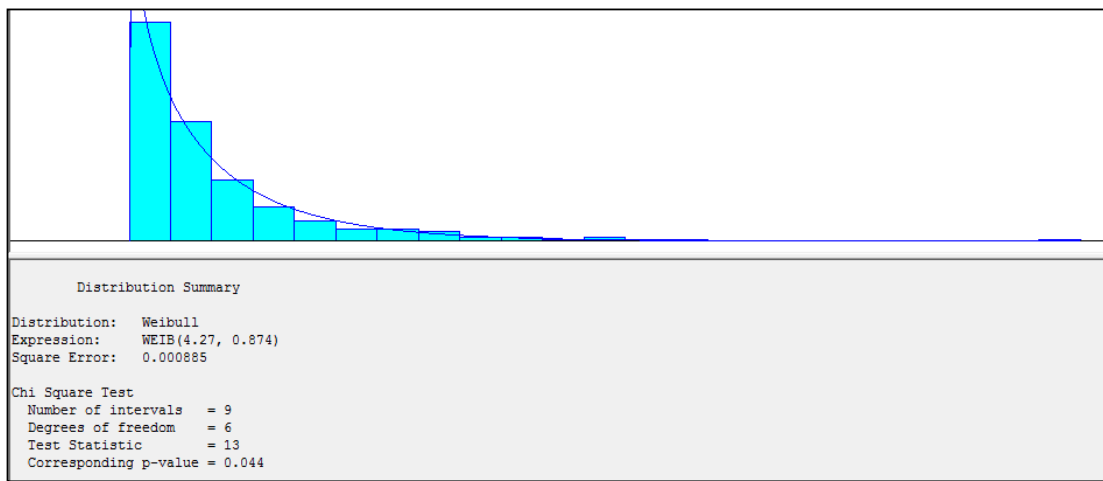
9,77	1,97	3,80	4,52	1,62	5,37	0,07	0,82	0,35	6,57	0,63	0,63	2,02	4,35
7,82	0,60	1,57	5,10	5,37	2,95	4,32	3,98	0,53	7,83	1,38	6,03	2,65	13,75
16,00	3,23	5,83	2,35	7,08	3,03	0,88	1,35	1,78	8,17	2,23	2,22	0,10	1,82
0,28	1,18	1,25	0,13	13,13	1,15	2,70	0,30	0,50	11,32	0,83	1,13	0,45	0,45
4,30	1,63	2,77	7,60	10,02	1,45	0,40	1,38	1,48	10,02	0,63	6,20	0,50	3,07
11,85	3,47	0,60	2,75	1,20	3,07	1,30	0,40	3,43	2,87	1,90	1,88	6,25	15,30
1,63	1,10	1,95	1,72	2,98	6,97	1,33	1,93	0,73	3,70	2,37	1,42	2,27	4,52
3,40	5,57	5,40	1,02	3,58	1,65	2,07	3,27	11,53	0,57	2,67	1,43	0,73	5,97
1,63	1,83	0,05	0,72	1,78	1,53	0,28	7,18	1,37	5,50	1,50	1,93	12,00	3,67
5,53	0,57	0,32	0,63	4,37	0,32	2,40	0,55	7,13	2,93	1,85	1,47	3,43	9,43
0,43	1,52	0,93	8,78	0,78	2,43	0,80	1,62	5,13	0,03	2,77	4,35	2,02	2,52
1,43	0,28	1,02	5,75	8,40	2,78	5,45	0,57	0,25	3,63	0,28	4,45	2,58	5,18
3,25	3,30	0,55	5,47	5,77	7,42	0,53	1,82	2,55	16,30	1,45	3,23	3,70	2,28
6,65	0,83	2,47	2,10	4,32	0,35	0,05	0,65	1,47	13,42	0,40	3,98	3,57	6,65
6,08	0,27	2,28	0,75	23,45	0,08	0,97	2,80	3,12	4,62	6,05	4,87	3,30	8,38
0,88	2,37	0,15	0,30	17,90	0,07	5,87	1,48	11,40	5,17	0,93	1,88	1,07	13,30
3,97	1,63	3,23	2,47	0,83	4,08	1,25	5,20	0,73	1,97	0,47	1,63	1,00	1,27
2,95	3,87	6,78	2,22	16,80	0,43	8,68	0,35	12,22	11,00	3,93	3,62	6,37	4,80
0,60	0,80	2,82	3,40	1,00	0,58	2,92	9,38	0,30	1,68	0,37	1,12	4,92	1,47
0,35	0,97	0,47	0,65	4,00	4,68	6,20	6,10	10,95	7,53	5,12	1,42	3,35	1,07
1,63	1,68	10,32	8,03	4,72	0,88	1,73	0,22	9,60	8,03	1,67	1,23	3,93	1,27
0,55	3,28	2,97	6,72	3,33	1,62	0,05	1,15	2,32	26,00	2,87	0,65	0,55	14,35
8,23	13,50	1,35	1,00	1,80	1,15	6,45	0,72	0,87	5,30	3,00	0,45	0,20	4,47
2,87	2,92	9,47	3,20	2,58	0,68	0,97	0,35	1,47	19,72	2,80	1,40	2,33	0,18
1,38	5,20	0,45	14,25	3,58	0,83	0,77	0,48	1,42	0,67	1,77	0,35	4,77	1,85
0,80	1,13	7,90	3,32	10,82	0,35	3,88	4,30	1,48	11,08	13,32	8,32	11,85	7,73
0,33	8,62	1,23	0,60	1,98	0,78	0,38	1,13	0,65	24,28	0,55	2,80	0,10	11,40
2,50	0,48	4,07	4,35	14,40	0,55	0,07	1,62	0,57	7,75	0,25	4,08	11,25	11,35
0,32	4,47	2,60	0,93	5,57	1,77	0,65	1,12	3,40	3,48	1,37	0,32	1,00	12,45
1,88	2,45	3,88	0,18	0,43	0,47	1,42	1,83	12,80	2,87	0,30	4,83	3,55	0,62
0,73	0,20	1,08	0,87	0,87	1,38	0,78	3,32	12,92	7,30	3,30	3,50	3,85	5,77
2,25	0,68	2,33	8,70	51,63	0,55	7,65	1,50	0,15	5,82	0,03	0,25	1,22	11,87
0,67	0,18	2,33	3,78	23,77	1,92	2,12	0,17	7,67	0,80	1,22	3,08	2,45	0,75
0,55	0,38	5,95	1,98	29,60	3,20	2,60	1,12	1,88	2,57	2,55	0,02	6,70	38,53
3,00	0,07	5,08	1,98	27,88	1,97	0,02	5,97	0,15	15,03	0,43	6,68	1,33	42,67
6,70	2,67	3,25	3,65	2,57	0,45	5,68	2,82	2,42	9,82	0,87	0,02	2,50	2,00
1,55	8,83	0,55	9,08	0,93	0,43	1,00	4,12	0,93	12,27	1,33	2,10	3,47	4,40
0,58	1,72	6,45	2,10	5,90	4,50	2,33	0,55	4,30	5,57	4,77	8,07	2,53	4,38
2,08	8,72	9,87	1,17	4,28	3,52	0,92	15,65	21,35	1,08	2,05	6,18	3,22	35,13
1,20	8,15	5,32	9,70	7,17	1,52	1,00	3,63	8,98	0,70	0,32	1,40	0,62	15,12
1,50	1,02	6,40	4,02	0,78	0,85	1,37	3,13	11,83	2,60	4,58	3,77	14,68	
0,87	0,70	5,75	14,72	5,70	1,18	0,82	0,67	5,30	9,83	1,02	0,97	2,57	
3,00	0,27	1,52	2,12	2,85	3,98	0,38	5,92	3,30	0,65	8,65	1,95	6,38	
1,53	0,05	4,75	11,82	1,50	1,33	0,55	1,02	6,88	2,58	5,08	12,22	5,55	
2,33	0,07	1,53	11,92	5,63	6,47	3,18	0,98	23,28	3,97	1,63	0,33	3,08	
7,15	4,00	0,02	7,87	0,32	2,68	2,73	0,07	0,53	3,65	0,38	2,15	3,43	
0,03	3,02	0,02	13,65	1,48	5,85	1,33	5,25	5,82	8,20	3,50	2,07	0,68	
2,50	1,45	4,95	0,07	2,32	6,20	0,15	2,38	9,27	0,67	2,30	0,43	3,77	
1,50	4,70	5,50	0,07	0,87	3,87	0,57	0,28	11,32	1,27	29,75	1,53	4,95	
1,25	0,63	5,32	4,75	3,25	1,98	2,05	1,03	3,47	1,52	3,52	8,80	7,68	

Martes

Tiempos entre llegadas.

0,02	0,50	0,82	1,30	1,72	2,30	3,03	3,98	5,48	7,43	11,85	30,30	10,27	23,07
0,02	0,52	0,82	1,30	1,73	2,37	3,05	4,03	5,48	7,65	12,03	38,20	10,27	24,33
0,02	0,52	0,83	1,32	1,75	2,38	3,07	4,08	5,55	7,72	12,20	43,70	10,30	25,17
0,05	0,52	0,85	1,32	1,77	2,45	3,07	4,08	5,67	7,90	12,47	47,50	11,12	25,85
0,05	0,52	0,85	1,33	1,77	2,47	3,08	4,12	5,70	7,92	12,52	49,90	11,17	26,15
0,05	0,52	0,85	1,37	1,78	2,47	3,08	4,12	5,72	7,97	13,13	50,35	11,32	26,40
0,05	0,53	0,85	1,37	1,85	2,48	3,10	4,13	5,72	7,97	13,17	0,40	11,60	28,10
0,07	0,53	0,87	1,38	1,85	2,48	3,10	4,22	5,78	8,00	13,33	0,42	11,65	28,57
0,07	0,53	0,87	1,38	1,85	2,50	3,10	4,25	5,78	8,03	13,70	0,43	11,70	29,52
0,10	0,55	0,87	1,40	1,85	2,50	3,13	4,27	5,85	8,08	13,90	0,43	5,12	7,05
0,10	0,55	0,90	1,40	1,87	2,52	3,13	4,32	5,85	8,13	13,98	0,45	5,15	7,08
0,12	0,55	0,90	1,40	1,87	2,53	3,27	4,33	5,87	8,25	14,12	0,47	5,23	7,08
0,13	0,57	0,90	1,42	1,87	2,55	3,27	4,35	5,87	8,32	14,25	0,47	5,33	7,10
0,15	0,57	0,90	1,42	1,88	2,55	3,28	4,37	5,95	8,40	14,63	0,48	5,33	7,13
0,15	0,57	0,93	1,43	1,88	2,55	3,30	4,38	5,95	8,42	14,68	0,48	5,35	7,37
0,15	0,57	0,93	1,43	1,88	2,55	3,30	4,40	6,08	8,43	14,78	2,25	5,40	7,37
0,17	0,57	0,95	1,48	1,88	2,58	3,30	4,42	6,10	8,47	14,82	2,27	5,43	7,40
0,17	0,57	0,97	1,50	1,92	2,62	3,33	4,47	6,15	8,62	15,37	2,27	5,47	7,43
0,17	0,58	0,98	1,50	1,92	2,62	3,33	4,48	6,15	8,65	15,43	2,27	2,92	3,78
0,18	0,60	1,00	1,50	1,93	2,65	3,35	4,53	6,20	8,67	15,52	2,27	2,93	3,80
0,18	0,60	1,00	1,52	1,95	2,65	3,35	4,55	6,22	8,70	15,88	2,28	2,95	3,80
0,22	0,60	1,02	1,53	1,95	2,65	3,37	4,58	6,25	8,75	16,08	2,30	2,95	3,82
0,23	0,60	1,03	1,53	1,97	2,67	3,40	4,58	6,28	9,03	16,10	2,30	2,95	3,83
0,23	0,62	1,03	1,53	1,97	2,67	3,43	4,62	6,35	9,03	16,12	2,30	2,98	3,83
0,27	0,63	1,03	1,55	1,97	2,68	3,43	4,65	6,40	9,10	16,38	0,75	3,00	3,87
0,27	0,65	1,05	1,55	2,00	2,72	3,45	4,73	6,42	9,17	16,80	0,77	3,03	3,90
0,27	0,65	1,05	1,55	2,00	2,72	3,50	4,77	6,43	9,32	16,92	0,78	3,03	3,95
0,27	0,65	1,07	1,55	2,02	2,72	3,55	4,80	6,52	9,32	16,93	0,78	1,23	1,67
0,27	0,67	1,12	1,55	2,05	2,75	3,62	4,80	6,52	9,35	17,15	0,78	1,25	1,67
0,27	0,67	1,12	1,55	2,05	2,75	3,65	4,82	6,53	9,37	17,53	0,78	1,25	1,68
0,28	0,67	1,13	1,57	2,08	2,80	3,65	4,82	6,62	9,38	17,70	0,78	1,25	1,68
0,28	0,67	1,15	1,58	2,08	2,82	3,67	4,85	6,62	9,60	17,83	0,80	1,27	1,68
0,30	0,68	1,15	1,58	2,15	2,85	3,68	4,85	6,63	9,65	18,05	0,80	1,27	1,70
0,30	0,68	1,15	1,60	2,17	2,87	3,68	4,85	6,65	9,85	18,35	6,97	1,28	1,70
0,32	0,68	1,15	1,62	2,17	2,87	3,72	4,90	6,67	9,85	19,85	2,88	1,30	1,70
0,33	0,68	1,17	1,62	2,20	2,87	3,72	4,90	6,88	9,90	19,87	1,23	1,30	21,58
0,37	0,70	1,18	1,62	2,20	2,87	3,75	4,95	6,90	9,93	20,25	0,38	10,27	
0,37	0,72	1,20	1,63	2,22	2,87	3,77	5,00	6,93	10,05	20,82	3,78	5,10	
0,37	0,73	1,22	1,65	2,23	2,87	3,77	5,02	6,95	10,23	21,25	1,65	2,25	
0,38	0,73	1,23	1,65	2,25	2,88	3,77	5,10	6,95	10,23	21,47	0,75	1,70	

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados para el día martes corresponden a una muestra de 556 intervalos de tiempo entre llegadas expresados en minutos.

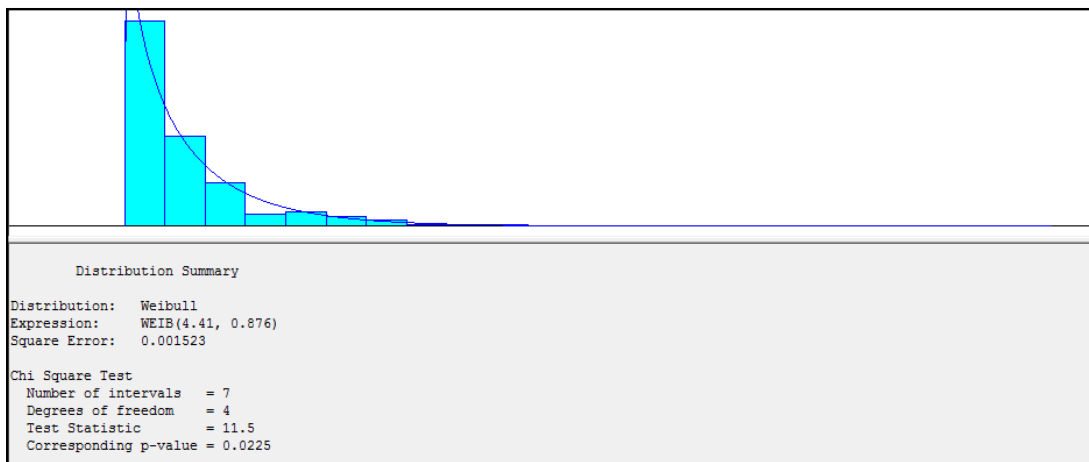
El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “WEIB(4.27, 0.874)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 13$ con el valor teórico $X^2_{6,0.90} = 14,574$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Weibull ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Miércoles

Tiempos entre llegadas.

0,02	0,92	0,42	1,9	1,4	4,63	2,58	8,47	3,45	6,00	15,42	0,85	2,45	1,83
0,02	0,93	0,47	1,9	1,42	4,63	2,6	8,48	3,45	6,07	15,47	0,85	2,47	1,85
0,02	0,93	0,47	1,92	1,42	4,67	2,62	8,53	3,45	6,07	15,92	0,88	2,48	1,87
0,02	0,93	0,47	1,93	1,45	4,73	2,63	8,62	3,47	6,08	16,2	0,88	2,48	1,9
0,03	0,95	0,48	1,97	1,47	4,73	2,63	8,70	3,48	6,2	17,1	0,88	2,48	1,90
0,05	0,95	0,5	1,98	1,47	4,75	2,65	8,73	3,48	6,2	17,22	0,9	2,48	0,33
0,07	0,95	0,52	1,98	1,47	4,75	2,68	8,78	3,48	6,23	17,43	0,90	2,53	0,37
0,08	0,97	0,53	2	1,47	4,8	2,7	8,82	3,53	6,30	17,57	4,1	7,7	0,38
0,1	0,97	0,53	2,02	1,48	4,8	2,72	8,83	3,55	6,3	17,63	4,12	7,78	4,42
0,1	0,97	0,53	2,02	1,48	4,82	2,72	8,9	3,55	6,33	17,65	4,15	7,83	4,47
0,12	0,98	0,53	2,03	1,48	4,83	2,75	8,93	3,55	6,33	18	4,22	7,83	4,55
0,12	1	0,55	2,07	1,5	4,93	2,75	9,03	3,55	6,35	18,55	4,23	7,9	4,6
0,12	1,02	0,55	2,07	1,52	5	2,77	9,03	3,57	6,35	19,07	4,25	7,92	13,6
0,13	1,02	0,60	2,07	1,53	5,02	2,77	9,07	3,57	6,38	19,08	4,30	8,1	13,72
0,15	1,05	0,62	2,07	1,53	5,03	2,78	9,27	3,57	6,38	19,12	5,58	3,15	13,88
0,15	1,08	0,62	2,07	1,53	5,03	2,8	9,48	3,6	6,65	19,48	5,60	3,15	13,97
0,15	1,1	0,62	2,08	1,55	5,1	2,8	9,78	3,62	6,67	20,35	5,6	3,17	13,98
0,15	1,1	0,67	2,10	1,55	5,1	2,82	9,82	3,63	6,72	20,77	5,65	3,2	14,07
0,18	1,1	0,67	2,1	1,55	5,12	2,83	10,23	3,67	6,82	20,82	5,67	3,23	14,32
0,18	1,12	0,67	2,12	1,57	5,12	2,87	10,5	3,67	6,90	20,93	5,68	3,27	14,35
0,18	1,13	0,68	2,12	1,58	5,13	2,88	10,78	3,67	6,92	22,72	5,75	3,3	14,87
0,2	1,13	0,68	2,12	1,58	5,17	2,88	11,07	3,72	6,95	22,92	0,85	2,45	14,95
0,22	1,15	0,7	2,17	1,6	5,18	2,9	11,18	3,73	6,97	25,68	0,38	1,3	15,23
0,22	1,17	0,72	2,2	1,6	5,2	2,9	11,35	3,75	7,23	28,97	0,38	1,3	15,35
0,22	1,17	0,72	2,2	1,62	5,22	2,92	11,6	3,77	7,25	29,58	0,4	1,3	15,37
0,23	1,17	0,72	2,2	1,65	5,27	2,93	11,77	3,8	7,25	29,63	0,4	1,33	
0,23	1,18	0,72	2,2	1,67	5,28	2,93	11,83	3,82	7,27	30,87	0,4	1,35	
0,23	1,2	0,73	2,22	1,67	5,28	3	12,33	3,83	7,32	36,88	0,4	1,37	
0,23	1,2	0,75	2,23	1,68	5,38	3,02	12,4	3,85	7,33	41,43	0,4	1,4	
0,25	1,22	0,75	2,25	1,68	5,42	3,03	12,45	3,97	7,35	54,17	5,77	3,32	
0,25	1,22	0,77	2,27	1,7	5,42	3,03	12,57	3,97	7,45	57,38	5,78	3,32	
0,25	1,22	0,77	2,27	1,72	5,5	3,03	12,82	3,97	7,5	68,3	5,82	3,33	
0,25	1,23	0,77	2,27	1,72	5,5	3,05	12,9	4,03	7,60	1,30	5,82	3,37	
0,25	1,27	0,80	2,3	1,73	5,52	3,07	13,25	4,03	7,62	1,3	1,82	8,37	
0,27	1,27	0,8	2,33	1,77	5,53	3,10	13,42	4,05	7,63	2,4	1,82	8,47	
0,3	1,27	0,8	2,37	1,77	5,57	3,13	13,43	4,05	7,67	2,43	1,82	1,8	
0,3	1,27	0,8	2,4	1,77	1,28	0,83	8,12	4,3	5,97	2,43	1,82	1,8	
0,3	1,27	0,8	2,4	0,83	1,28	3,4	8,25	4,33	8,3	5,83	3,45	1,88	
0,32	1,28	0,83	2,4	0,83	0,33	3,42	8,28	4,37	8,35	5,87	14,3	1,88	

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados para el día miércoles corresponden a una muestra de 532 intervalos de tiempo entre llegadas expresados en minutos.

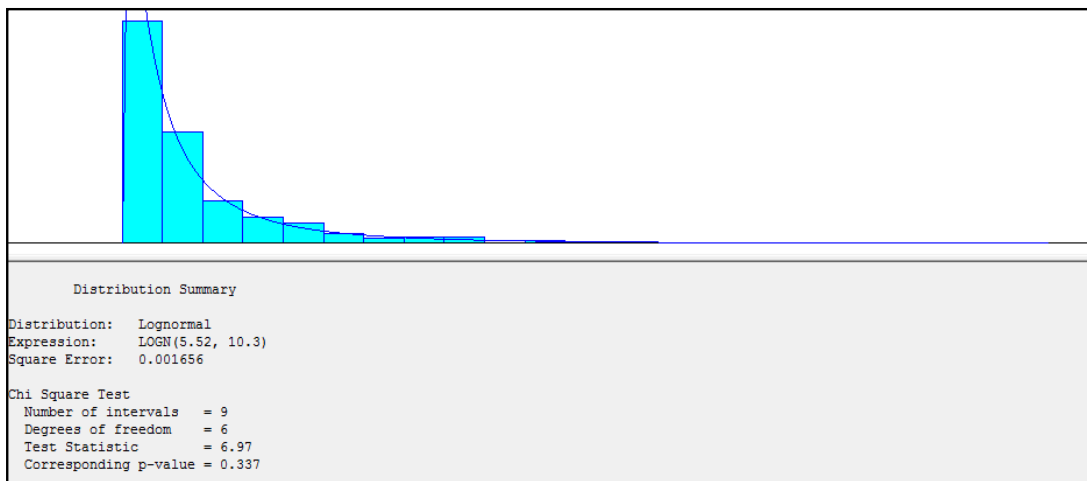
El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “WEIB(4.41, 0.876)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 11,9$ con el valor teórico $X^2_{4,0.90} = 12,861$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Weibull ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Jueves

Tiempos entre llegadas.

0,03	0,52	0,92	1,38	1,90	2,57	3,45	4,33	5,80	9,10	15,43	0,50	0,88	0,90	0,90
0,03	0,52	0,95	1,40	1,92	2,57	3,47	4,38	5,83	9,12	15,80	0,85	0,85	0,87	0,87
0,05	0,53	0,97	1,43	1,93	2,57	3,47	4,38	5,83	9,15	15,80	1,32	1,33	1,33	1,33
0,05	0,53	0,97	1,43	1,95	2,60	3,52	4,38	5,95	9,23	15,98	1,83	1,85	1,85	1,87
0,08	0,53	0,98	1,43	1,97	2,63	3,53	4,40	5,95	9,27	16,12	2,50	2,53	2,55	2,55
0,10	0,53	1,00	1,45	1,98	2,63	3,63	4,42	6,00	9,35	16,23	3,32	3,33	3,37	3,43
0,12	0,55	1,00	1,45	2,00	2,65	3,65	4,52	6,03	9,45	16,25	4,23	4,25	4,27	4,30
0,12	0,58	1,00	1,45	2,00	2,65	3,65	4,55	6,13	9,47	16,47	5,67	5,70	5,73	5,75
0,13	0,58	1,03	1,45	2,02	2,68	3,68	4,57	6,18	9,57	17,73	8,78	8,80	8,88	8,97
0,13	0,58	1,10	1,47	2,03	2,68	3,70	4,57	6,22	9,70	18,67	15,00	15,00	15,03	15,12
0,13	0,60	1,12	1,47	2,05	2,70	3,70	4,58	6,28	9,85	19,23	0,92	0,47	0,47	0,47
0,13	0,62	1,12	1,47	2,05	2,70	3,70	4,58	6,28	9,85	20,22	0,87	0,80	0,82	0,82
0,15	0,62	1,15	1,48	2,07	2,70	3,72	4,58	6,30	10,22	20,27	1,38	1,30	1,30	1,32
0,15	0,62	1,15	1,50	2,08	2,72	3,73	4,62	6,43	10,33	20,43	1,88	1,77	1,78	1,78
0,15	0,63	1,17	1,50	2,10	2,72	3,77	4,72	6,47	10,35	20,75	2,55	2,42	2,45	4,17
0,15	0,63	1,17	1,53	2,12	2,77	3,77	4,72	6,52	10,37	21,17	3,43	3,22	3,25	
0,15	0,63	1,17	1,53	2,15	2,77	3,78	4,72	6,55	10,48	21,27	4,32	4,15	4,17	
0,17	0,65	1,20	1,55	2,15	2,77	3,78	4,75	6,62	10,70	21,30	5,75	5,42	5,55	
0,18	0,65	1,22	1,55	2,17	2,78	3,78	4,82	6,68	11,03	21,53	9,07	8,25	8,32	
0,22	0,65	1,22	1,57	2,17	2,78	3,78	4,83	6,73	11,07	22,35	15,15	13,10	13,27	
0,23	0,65	1,22	1,58	2,18	2,83	3,82	4,83	6,77	11,12	23,17	0,48	0,43	0,45	
0,25	0,67	1,22	1,58	2,20	2,85	3,83	4,85	6,85	11,17	23,32	0,83	0,78	0,78	
0,28	0,67	1,22	1,60	2,22	2,87	3,88	4,88	7,03	11,27	23,35	1,32	1,30	1,30	
0,28	0,67	1,23	1,60	2,22	2,90	3,90	4,88	7,03	11,28	24,88	1,82	1,75	1,75	
0,32	0,67	1,23	1,62	2,22	2,90	3,90	4,95	7,15	11,37	27,37	2,50	2,38	2,40	
0,32	0,68	1,23	1,62	2,23	2,92	3,92	5,07	7,22	11,47	27,53	3,32	3,12	3,13	
0,35	0,68	1,23	1,63	2,23	2,92	3,93	5,07	7,42	11,55	28,23	4,23	4,05	4,12	
0,35	0,70	1,23	1,63	2,23	2,95	3,95	5,10	7,47	11,55	32,98	5,63	5,33	5,33	
0,38	0,72	1,25	1,63	2,27	2,98	3,98	5,10	7,53	11,60	34,55	8,75	8,10	8,12	
0,38	0,72	1,25	1,67	2,27	3,00	3,98	5,13	7,55	11,78	37,67	14,80	1,30	12,95	
0,40	0,73	1,25	1,67	2,28	3,00	4,00	5,15	7,67	11,82	43,80	0,47	1,75	5,58	
0,40	0,73	1,25	1,68	2,28	3,00	4,00	5,15	7,70	11,90	53,77	0,83	2,40	8,57	
0,40	0,73	1,27	1,70	2,28	3,00	4,02	5,17	7,73	11,95	60,80	1,32	3,15	13,38	
0,42	0,75	1,27	1,72	2,33	3,03	4,02	5,25	7,85	11,95	5,62	1,80	4,12	0,45	
0,42	0,75	1,27	1,73	2,33	3,07	4,05	5,28	7,88	12,30	8,62	2,48	5,38	0,78	
0,42	0,77	1,28	1,73	2,35	3,07	4,05	5,28	7,92	12,40	13,72	3,32	8,17	2,47	
0,42	0,77	1,28	1,73	2,38	3,08	4,05	5,30	8,02	12,72	4,18	12,73	13,07	3,28	

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados para el día jueves corresponden a una muestra de 533 intervalos de tiempo entre llegadas expresados en minutos.

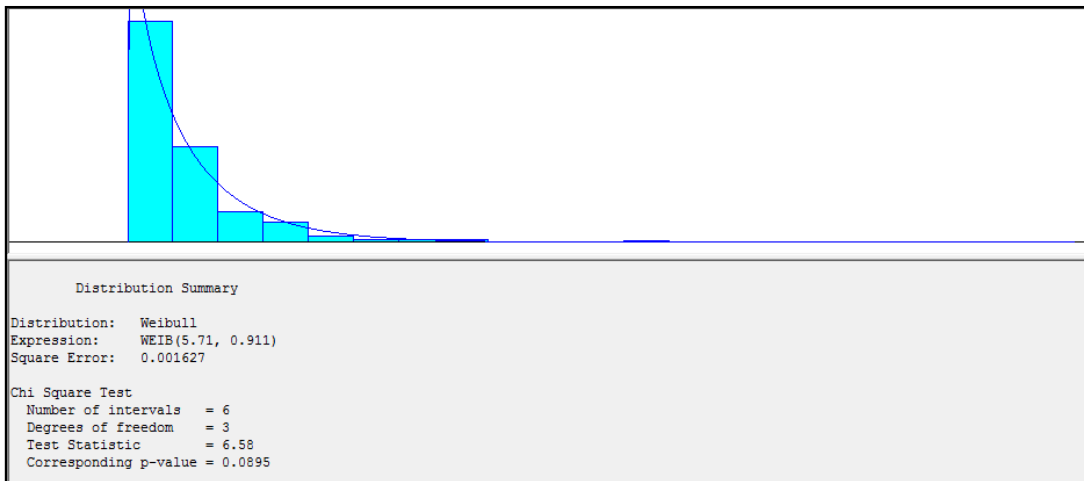
El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “LOGN(5.52, 10.3)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 6,97$ con el valor teórico $X^2_{6,0,90} = 10,6446$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Lognormal ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Viernes

Tiempos entre llegadas.

0,02	0,68	1,32	2,27	3,20	4,42	5,65	7,77	13,43	0,60	0,62	0,62	0,63
0,05	0,68	1,32	2,28	3,22	4,45	5,75	7,83	13,55	1,23	1,25	1,25	1,28
0,05	0,68	1,32	2,30	3,23	4,45	5,78	7,97	13,57	2,15	2,17	2,22	2,22
0,10	0,70	1,33	2,30	3,23	4,47	5,85	8,03	13,72	3,10	3,12	3,15	3,17
0,10	0,73	1,35	2,37	3,27	4,47	5,85	8,10	14,12	4,25	4,28	4,37	4,37
0,12	0,73	1,35	2,38	3,32	4,50	5,85	8,12	14,23	5,57	5,60	5,60	5,63
0,12	0,73	1,40	2,40	3,32	4,53	5,93	8,13	14,30	7,43	7,48	7,63	7,68
0,13	0,75	1,42	2,43	3,35	4,60	5,93	8,18	14,62	12,73	12,88	12,98	13,08
0,13	0,77	1,43	2,47	3,35	4,60	5,93	8,27	14,88	51,08	51,15	54,80	94,50
0,17	0,77	1,43	2,48	3,35	4,63	6,00	8,40	15,00	0,55	0,57	0,57	0,58
0,17	0,78	1,43	2,48	3,35	4,75	6,02	8,42	15,00	1,13	1,15	1,18	1,20
0,18	0,78	1,47	2,52	3,38	4,77	6,08	8,77	15,02	2,05	2,05	2,07	2,12
0,20	0,83	1,48	2,55	3,40	4,77	6,08	8,78	15,38	2,98	2,98	3,03	3,03
0,23	0,83	1,50	2,55	3,40	4,85	6,17	8,83	15,57	4,13	4,13	4,15	4,22
0,25	0,85	1,50	2,58	3,40	4,87	6,20	8,92	15,68	5,50	5,50	5,52	5,52
0,25	0,87	1,57	2,58	3,47	4,93	6,25	9,02	15,82	7,17	7,23	7,35	7,38
0,27	0,87	1,58	2,60	3,47	4,95	6,30	9,03	15,85	11,80	12,05	12,22	12,35
0,28	0,87	1,67	2,60	3,57	4,95	6,33	9,05	16,23	28,92	31,78	31,85	31,98
0,28	0,88	1,68	2,62	3,60	4,95	6,37	9,12	16,30	0,50	0,50	0,53	0,53
0,32	0,88	1,70	2,67	3,62	4,95	6,37	9,18	16,43	1,10	1,10	1,12	1,12
0,33	0,88	1,70	2,68	3,65	4,97	6,37	9,35	16,45	1,93	1,95	1,95	1,95
0,35	0,90	1,70	2,68	3,67	5,05	6,40	9,48	16,75	2,92	2,92	2,92	0,67
0,37	0,90	1,72	2,68	3,68	5,07	6,42	9,88	16,93	3,92	3,93	3,93	1,28
0,40	0,92	1,75	2,70	3,68	5,08	6,43	10,02	17,03	5,43	5,43	5,47	2,23
0,40	0,93	1,77	2,72	3,70	5,10	6,47	10,13	17,08	6,80	6,82	6,85	3,18
0,42	0,93	1,78	2,73	3,73	5,13	6,53	10,15	17,47	11,13	11,20	11,23	4,40
0,43	0,95	1,82	2,83	3,77	5,17	6,55	10,17	17,82	23,63	24,10	25,38	5,63
0,45	1,00	1,83	2,83	3,80	5,20	6,58	10,20	19,00	1,12	0,58	33,97	7,75
0,45	1,00	1,87	2,83	3,83	5,23	6,60	10,38	20,05	1,97	1,20	0,53	13,33
0,47	1,02	1,88	2,85	3,85	5,25	6,65	10,45	20,12	2,95	2,12	5,50	
0,47	1,03	1,88	2,85	3,87	5,27	6,67	10,48	20,97	4,07	3,10	6,98	
0,47	1,03	1,90	2,87	3,90	5,27	6,72	10,50	21,90	5,50	4,22	11,30	
0,48	1,05	1,92	2,88	3,90	5,27	6,75	10,55	22,03	7,03	5,52	27,58	
0,48	1,07	1,92	2,88	3,92	5,33	6,77	10,77	22,35	11,48	7,40	2,95	
0,48	1,10	1,93	2,92	3,92	5,33	6,77	10,80	22,67	28,43	12,57	3,93	

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados para el día viernes corresponden a una muestra de 499 intervalos de tiempo entre llegadas expresados en minutos.

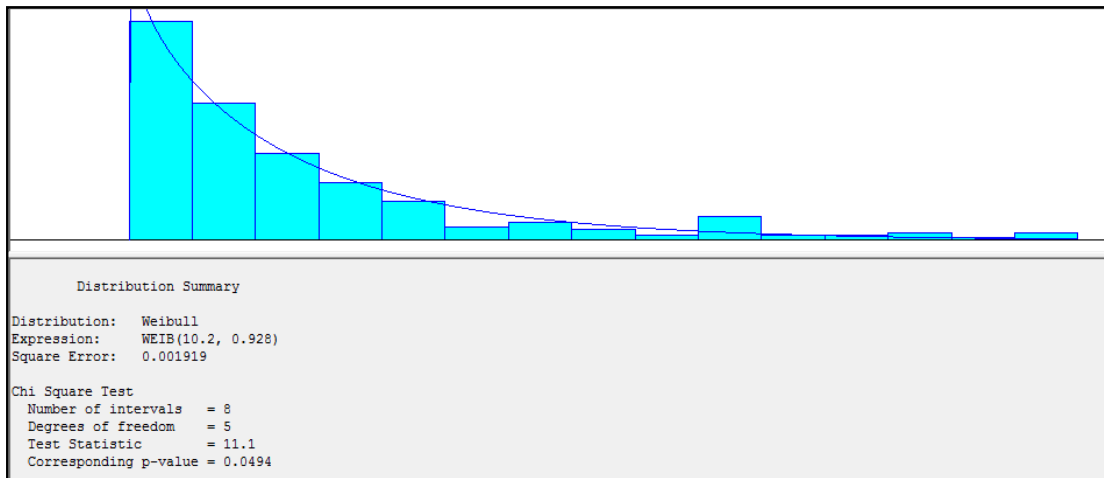
El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “WEIB(5.71, 0.911)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 6,58$ con el valor teórico $X^2_{3,0,90} = 6,794$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Weibull ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Sábado

Tiempos entre llegadas.

0,03	2,10	4,93	8,88	1,12	3,35	6,85	12,38	16,73	1,05	1,08	1,08	35,53
0,10	2,13	4,97	8,92	1,17	3,37	7,10	12,67	17,87	3,15	3,15	3,23	35,57
0,12	2,18	4,98	8,98	1,18	3,52	7,18	12,68	18,40	6,35	6,37	6,45	35,82
0,17	2,38	5,10	9,05	1,23	3,62	7,22	12,75	18,80	12,23	12,33	12,37	36,10
0,22	2,38	5,12	9,10	1,23	3,70	7,28	13,07	18,88	2,03	2,05	2,05	36,53
0,25	2,40	5,13	9,12	1,32	3,75	7,33	13,27	19,93	4,72	4,73	4,85	37,55
0,38	2,55	5,25	9,33	1,32	3,78	7,37	13,33	20,12	8,73	8,80	8,82	42,53
0,40	2,60	5,28	9,50	1,35	3,78	7,43	13,63	20,43	15,90	16,58	16,58	43,35
0,42	2,62	5,32	9,58	1,37	3,85	7,57	13,77	21,38	34,13	34,40	34,98	45,72
0,45	2,68	5,32	9,67	1,38	3,85	7,58	13,97	22,35	0,90	0,98	1,02	46,12
0,47	2,73	5,33	10,02	1,38	3,87	7,65	14,27	22,83	3,08	3,10	3,15	48,62
0,48	2,75	5,37	10,05	1,63	3,92	7,80	14,65	22,88	5,93	5,97	6,32	49,92
0,72	2,75	5,45	10,23	1,65	3,97	7,80	14,77	23,03	11,73	11,87	11,88	53,65
0,72	2,78	5,72	10,30	1,68	4,07	7,82	14,88	23,10	1,97	2,00	2,00	53,70
0,75	2,83	5,73	10,85	1,73	4,20	7,88	15,17	23,80	4,48	4,63	4,65	56,32
0,75	2,90	5,75	11,15	1,73	4,22	8,05	15,30	23,87	8,55	8,72	8,73	
0,78	2,92	5,78	11,30	1,82	4,27	8,30	15,35	24,82	15,55	15,63	15,70	
0,83	2,98	5,80	11,33	1,83	4,28	8,45	15,43	27,30	28,73	29,32	31,80	
0,85	3,08	5,82	11,43	1,87	4,33	8,47	15,43	27,37	39,60	40,23	37,93	

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados para el día sábado corresponden a una muestra de 243 intervalos de tiempo entre llegadas expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “WEIB(10.2, 0.928)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 11,1$ con el valor teórico $X^2_{5,0,90} = 12,312$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis

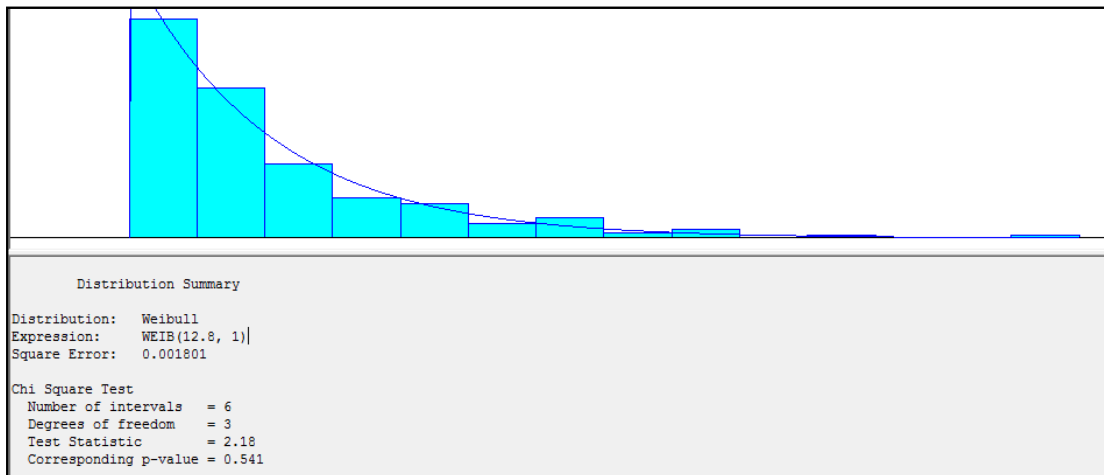
de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Weibull ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Domingo

Tiempos entre llegadas.

0,02	3,73	8,27	17,12	2,05	6,17	10,92	28,62	1,68	1,77	1,78	1,97	10,68
0,12	3,87	8,27	17,18	2,13	6,18	10,98	28,72	5,67	5,67	5,68	5,82	27,02
0,15	3,90	8,40	17,33	2,17	6,23	11,38	29,52	9,75	10,25	10,32	10,53	3,70
0,22	3,93	8,72	17,70	2,22	6,25	12,05	29,57	25,28	25,30	25,48	26,40	8,10
0,37	4,15	8,73	17,83	2,23	6,30	12,25	30,18	3,52	3,53	3,65	5,82	16,67
0,52	4,32	8,75	18,62	2,35	6,42	12,48	30,30	7,90	7,95	7,95	8,02	86,75
0,52	4,38	8,78	19,98	2,45	6,58	12,65	31,27	15,30	15,63	15,72	16,32	14,90
0,55	4,50	8,80	20,33	2,47	6,75	13,13	31,37	53,63	54,38	54,85	63,92	47,13
0,63	4,50	8,87	20,38	2,55	6,75	13,15	32,72	1,30	1,32	1,37	1,45	
0,88	4,57	8,93	21,20	2,55	6,85	13,78	33,12	5,07	5,13	5,15	5,17	
1,02	4,63	8,95	21,30	2,58	6,93	13,85	33,62	9,37	9,37	9,43	9,68	
1,02	4,75	9,02	21,33	2,75	6,95	13,93	37,33	23,37	23,53	23,90	24,13	
1,13	5,02	9,17	21,60	2,87	7,13	14,08	38,60	7,57	7,63	7,83	7,85	
1,25	5,02	9,23	22,62	3,00	7,30	14,23	39,65	14,33	14,45	14,50	14,80	
1,28	5,02	9,30	22,68	3,12	7,37	14,30	40,00	40,17	41,10	41,23	46,10	
3,13	3,18	3,20	3,37	3,43	1,65	5,55	9,75	24,52	2,05	3,68	7,88	

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados para el día domingo corresponden a una muestra de 201 intervalos de tiempo entre llegadas expresados en minutos.

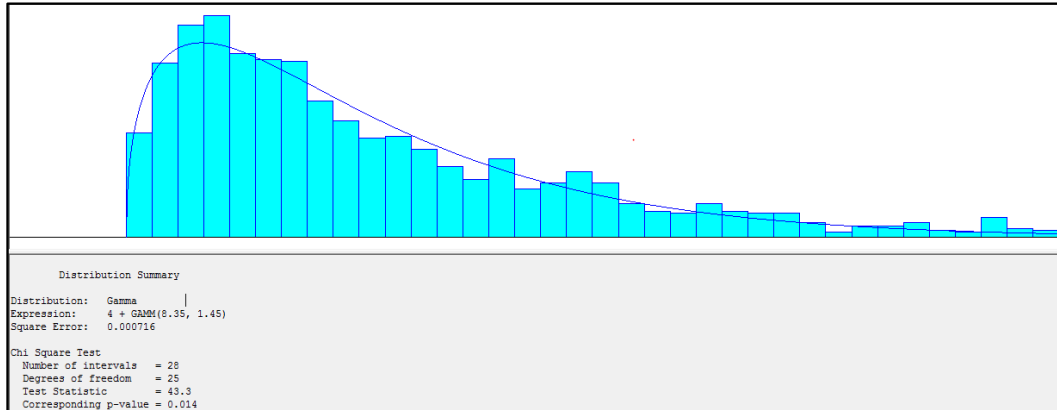
El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “WEIB(12.8, 1)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 2,18$ con el valor teórico $X^2_{3,0.90} = 6,2514$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis

de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Weibull ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Anexo N° 3: Distribuciones de tiempos de traslado.

Lunes

Distribución de probabilidad.

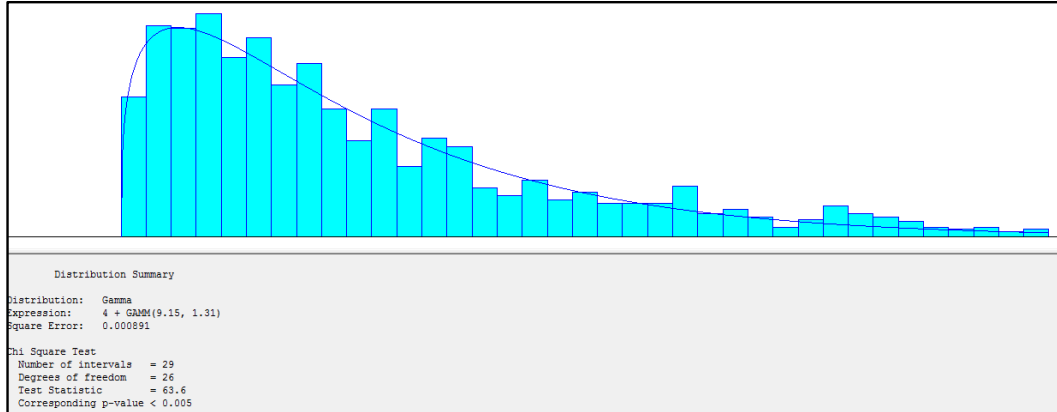


Los datos agrupados corresponden a una muestra de 1347 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(8.35, 1.45)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 43,3$ con el valor teórico $X^2_{10,0.90} = 55,9872$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Martes

Distribución de probabilidad.

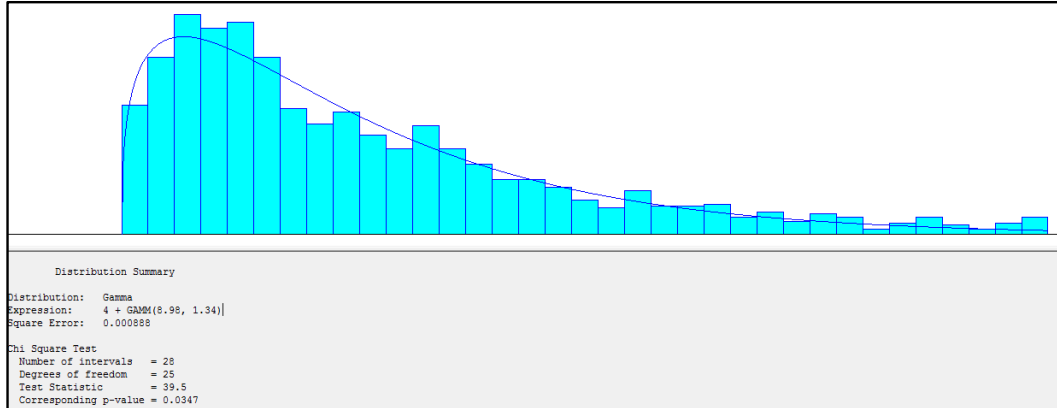


Los datos agrupados corresponden a una muestra de 1376 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(9.15, 1.31)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 63,6$ con el valor teórico $X^2_{10,0,90} = 75,9872$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Miércoles

Distribución de probabilidad.

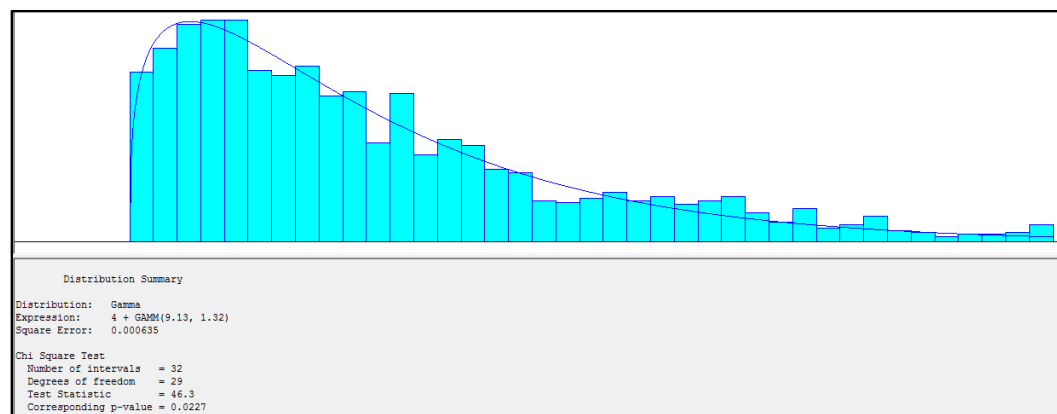


Los datos agrupados corresponden a una muestra de 1285 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(8.98, 1.34)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 3,24$ con el valor teórico $X^2_{2,0,90} = 4,6052$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Jueves

Distribución de probabilidad.

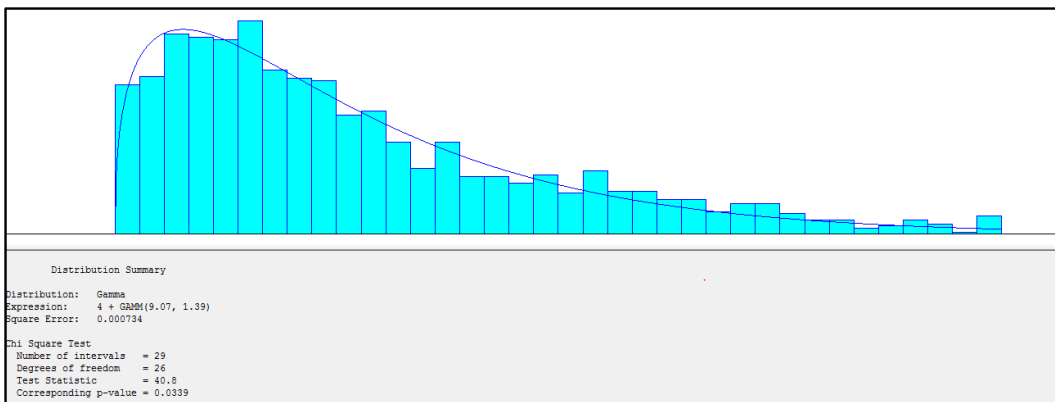


Los datos agrupados corresponden a una muestra de 1572 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(9.13, 1.32)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 4,23$ con el valor teórico $X^2_{2,0,90} = 4,6052$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Viernes

Distribución de probabilidad.

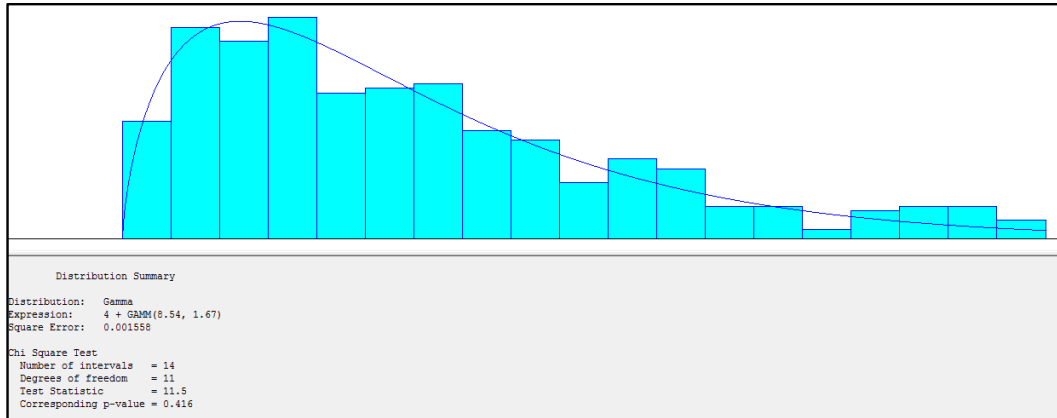


Los datos agrupados corresponden a una muestra de 1345 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(9.07, 1.39)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 5,24$ con el valor teórico $X^2_{2,0,90} = 8,6052$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Sábado

Distribución de probabilidad.

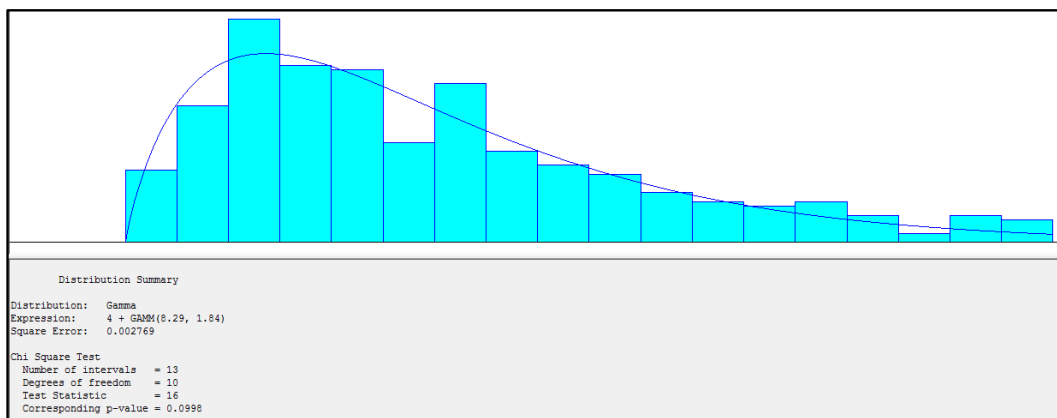


Los datos agrupados corresponden a una muestra de 383 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(8.54, 1.67)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 8,84$ con el valor teórico $X^2_{2,0,90} = 10,52$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Domingo

Distribución de probabilidad.



Los datos agrupados corresponden a una muestra de 337 intervalos de tiempos de traslado expresados en minutos.

El software plantea la hipótesis de que los datos se ajustan a la expresión “4 + GAMM(8.29, 1.84)”. Consultando las tablas de distribución Chi Cuadrado y comparando el valor empírico para $X^2 = 11,33$ con el valor teórico $X^2_{2,0,90} = 14,36$, se puede concluir que, puesto que el valor es inferior, la hipótesis de que los datos están distribuidos con suficiente aproximación a la distribución Gamma ajustada son aceptables para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Anexo N°4: Clasificación de reclamos de agua potable por motivo y tipo de OT

Tipo de OT	Decisión 1		Decisión 2			
	Agenda	Urgente-Normal	Envió a Contratista	Ejecución	Desestimado	Reprogramado
1	2%	98%	4%	48%	43%	5%
2	2%	98%	0%	57%	38%	5%
3	2%	98%	0%	57%	38%	5%
4	2%	98%	8%	87%	0%	5%
5	0%	100%	25%	59%	11%	5%
6	0%	100%	50%	45%	0%	5%
7	0%	100%	25%	59%	11%	5%
8	3%	97%	2%	90%	3%	5%
9	3%	97%	65%	5%	25%	5%
10	3%	97%	7%	84%	4%	5%
11	5%	95%	59%	27%	9%	5%
12	5%	95%	69%	1%	27%	5%
13	0%	100%	50%	39%	6%	5%
14	0%	100%	47%	40%	8%	5%
15	5%	95%	43%	47%	5%	5%
16	5%	95%	34%	56%	5%	5%
17	0%	100%	65%	30%	0%	5%
18	5%	95%	43%	45%	7%	5%
19	0%	100%	25%	59%	11%	5%
20	0%	100%	25%	59%	11%	5%
21	0%	100%	25%	59%	11%	5%
22	0%	100%	25%	59%	11%	5%
23	0%	100%	17%	52%	26%	5%
24	0%	100%	47%	24%	24%	5%
25	15%	85%	22%	48%	25%	5%
26	15%	85%	8%	62%	25%	5%
27	15%	85%	30%	37%	28%	5%