

# Assignment of working hours for telephone operators in STARTEK

Escoto B. Roberto, College Student<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Faculty of Engineering, Department of Industrial and Systems Engineering, Tegucigalpa, Honduras, 11101, [robertoescoto@unitec.edu](mailto:robertoescoto@unitec.edu)

Consultant: Anael Espinal, Academic Head<sup>2</sup>, Daniel Montenegro, Educational Researcher<sup>3</sup>

<sup>2,3</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Faculty of Engineering, Department of Industrial and Systems Engineering, Tegucigalpa, Honduras, 11101, [anael.espinal@unitec.edu.hn](mailto:anael.espinal@unitec.edu.hn) [daniel.guerrero@unitec.edu.hn](mailto:daniel.guerrero@unitec.edu.hn)

*Abstract– The following investigation was carried out at Startek, a company that provides outsourced customer service in several American companies through telephone operators. The study focuses on the realization of a mathematical model to determine the optimal distribution of schedules, using entire linear programming to know the schedules that should be assigned and binary linear programming to determine the days off and number of telephone operators necessary to meet the demand of August.*

*The model is compared with the actual results in terms of demand projection, demonstrating that its performance can provide better numbers an ideal working conditions. It is possible to reduce staff fatigue, additional costs or extra personnel and discloses the number of telephone operators necessary for the ideal working conditions. The proposed method represents a significant improvement with better performance to meet demand and cost reduction. It's possible to obtain a costs reduction of 2.67% with the proposed assignation model.*

*Keywords: Operations Research, schedule assignments, linear programming, binary programming, optimization*

Digital Object Identifier (DOI): <a href="http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.467">http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.467</a> ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390
--

# Asignación de horarios laborales para operadores telefónicos en STARTEK

Escoto B. Roberto, Estudiante Universitario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, [robertoescoto@unitec.edu](mailto:robertoescoto@unitec.edu)

Asesor: Anael Espinal, Jefe Académico<sup>2</sup>, Daniel Montenegro, Docente Investigador<sup>3</sup>

<sup>2,3</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, [anael.espinal@unitec.edu.hn](mailto:anael.espinal@unitec.edu.hn) [daniel.guerrero@unitec.edu.hn](mailto:daniel.guerrero@unitec.edu.hn)

**Resumen**– La siguiente investigación se llevó a cabo en Startek, una empresa que brinda servicio al cliente tercerizado en varias compañías americanas a través de operadores telefónicos. El estudio se centra en la realización de un modelo matemático para determinar la distribución óptima de horarios, utilizando programación lineal entera para conocer los horarios que deben ser asignados y programación lineal binaria para determinar los días libres y cantidad de operadores telefónicos necesarias para satisfacer la demanda de agosto.

El modelo se compara con los resultados reales en cuanto a proyección de demanda, demostrando que el rendimiento del mismo puede proveer mejores números y condiciones laborales ideales. Siendo posible la reducción de fatiga de personal, costos adicionales o extras de personal y da a conocer la cantidad de operadores telefónicos necesarios para las condiciones ideales de trabajo. El método propuesto representa una mejora significativa con un mejor rendimiento al cumplimiento de la demanda y reducción de costos. Es posible obtener una reducción de costos de un 2.67% con el modelo de asignación propuesto.

**Palabras clave:** Investigación de Operaciones, asignación de horarios, programación lineal, programación binaria, optimización

## I. INTRODUCCIÓN

Las empresas que se dedican al servicio al cliente como lo hace STARTEK, además de proveer una atención personalizada, deben tener la cantidad adecuada y el personal correcto para que sean parte de las operaciones de la empresa. En la investigación se busca proporcionar la cantidad de empleados que se necesitan para poder atender a los diferentes clientes de la línea de comercio electrónico de Walmart. Por medio de investigación de Operaciones, fue posible elaborar un modelo de asignación a largo plazo.

Tomando en cuenta las restricciones del cliente en el cual permite ahorrar tiempo para la asignación de horarios laborales, determina asignaciones óptimas para garantizar la reducción de costos y se convierte en un proceso estandarizado en el cual reduce el margen de error.

Al no cumplir la demanda requerida por el cliente, Startek es multado y el día se muestra como meta no alcanzada. Esto conlleva a 36 intervalos en un día, es decir, 18 horas de funcionamiento en la planta de producción. Se debe cumplir la planeación de disponibilidad con un pronóstico o proyección para los diferentes días, proyectando satisfacer la demanda. Por políticas de la empresa, una persona debe trabajar 40 horas semanales.

Es decir, 8 horas laborales en un día en el cual no se le paga la hora de almuerzo. El operador telefónico debe tener dos días libres consecutivos, no necesariamente deben ser sábado o domingo; se busca conseguir un arreglo de horarios para satisfacer la demanda disminuyendo los excesos de personal y evitando la falta de personal.

Es por ello que se busca proponer una distribución de horarios para los operadores telefónicos, buscando satisfacer la demanda, mediante el modelo de asignación propuesto.

## II. METODOLOGÍA

El enfoque de esta investigación es mixto, dado que, se apoya de un enfoque cuantitativo y cualitativo a su vez. Se dice que es cualitativo en cuanto a la identificación de días libres en los horarios a proporcionar con el modelo.

Es cuantitativo en cuanto a que se busca crear un modelo matemático que proporcione soluciones factibles por medio de programación lineal determinando cantidad y lugar de asignación. Con los datos que son recolectados es posible determinar la cantidad de personas que el cliente solicita que deben de estar disponibles por días en un periodo de rango determinado.

Este enfoque busca soluciones adecuadas para un caso en específico, fomentando el desarrollo de un juicio crítico por medio de los antecedentes del problema y los cambios que se pueden generar por medio del modelo de asignación. [1]

Como menciona Taha en la Investigación de Operaciones busca crear modelos matemáticos para encontrar solución de forma óptima, en donde se debe tener la definición del problema con sus restricciones de forma clara para la correcta interpretación del modelo matemático y obtener soluciones factibles. Ésta rama ayuda a la toma de decisiones para la resolución de un problema determinado, analizando el comportamiento de un sistema en específico. [2]

Al lograr encontrar soluciones óptimas o factibles, se reduce el riesgo de tomar decisiones que no aporten al sistema productivo estudiado, en el cual reduce tiempos, costos o bien, maximizan la parte productiva del sistema. Ayuda a la toma de decisiones, brindando información cuantitativa por medio de modelos matemáticos. La IO al apoyarse de programación lineal se dice que se tiene IO determinística en cual resuelve variables con datos certeros.

En dicha investigación se utilizaron intervalos de 30 minutos para medir la demanda, siendo 36 intervalos por día. Un intervalo se determina por la cantidad de personas sentadas que están disponibles para atender las llamadas en espera o entrantes, la demanda se mide en la disponibilidad del personal.

Los bloques o intervalos que estén en sobre personal, el cliente solo paga hasta el 105% del cumplimiento de la demanda en esta investigación. El incumplimiento de uno de los intervalos es multado fuertemente de forma económica, es decir, es dinero o pago que la empresa dejaría de recibir al brindar sus servicios.

#### **A. Modelo de Asignación**

Cada empresa tiene una cantidad de empleados con características específicas al momento de hacer la agenda semanal: esto es, se tiene una cantidad específica de roles disponibles para cada horizonte de planeación. [3]

En la investigación se realizó un modelo de programación para jornadas laborales, dentro de un centro de servicio al cliente por el medio de comunicación conocido como el teléfono. Donde se buscó minimizar el exceso de personal. Se determinaron los turnos para minimizar los costos y así mismo cubrir los bloques de demanda faltantes para satisfacer la misma.

En un modelo de programación lineal las variables de decisión deben ser capaces de describir completamente las decisiones que puedan ser tomadas y todas las variantes que existan. [4]

Como en todo modelo de la investigación de operaciones, existen variables de decisión que pueden variar si las condiciones solicitadas en el modelo cambian. Esto quiere decir que esa decisión de dichas variables, desempeñan un papel importante para la resolución de un modelo matemático. Al utilizar programación lineal entera, se necesitan que estas variables tengan restricciones de no negatividad.

Cuando hablamos de las restricciones en un problema de programación lineal, nos referimos a todo aquello que limita la libertad de los valores que pueden tomar las variables de decisión. [5]

Como su palabra lo dice, restringe el problema que se desea estudiar siendo limitantes del problema. Las variables de decisión en el modelo no pueden quebrantar ninguna ley del modelo, es decir, debe cumplir cada una de las restricciones propuestas. Se pueden utilizar estas restricciones en varios modelos, en especial, en todos aquellos modelos que se realizan con dos métodos.

En todo modelo de programación lineal existe un modelo matemático que busca traducir de forma numérica lo que sucede con el modelo y obtener respuestas determinadas. Este modelo matemático es mayormente utilizado en modelos matemáticos para la asignación de recursos entre distintas actividades desde la segunda guerra mundial. Se utilizan en diferentes áreas como ser la ingeniería, economía gestión, entre otras. Así mismo, busca brindar respuestas en un tiempo razonable y propone soluciones factibles en un escenario determinado. [6]

#### **B. Programación lineal**

Se logró dar una solución adecuada al problema de asignación de horarios de trabajo tomando un subconjunto de los horarios de trabajo como entrada al modelo de programación lineal, cabe señalar que esta solución proporcionada está en función de las entradas suministradas al modelo. Un Modelo de Programación Lineal da pauta a resolver eficientemente el complejo problema de asignación de personal a horarios de trabajo en la empresa telefónica. [7]

Para poder desarrollar el modelo de asignación de turnos debe considerarse las restricciones establecidas por la empresa, así mismo debe tomarse en cuenta las condiciones iniciales para un horario y obtener asignaciones óptimas. Así mismo, para lograr un modelo como este, es necesario ponerlo en práctica y comparar los resultados del modelo contra lo que se requiere cubrir en planteamiento inicial y poder respaldar que el modelo funciona.

La programación lineal es una herramienta aplicable a diversas áreas dentro de las industrias, desarrollándose no solo como un modelo sino también como ayuda en la actividad económica de las operaciones de las empresas. Siendo eficaz ya que determina arreglos o asignaciones. Aporta en dos áreas de las industrias como ser el área operacional y el área económica. [8]

El modelo puede tomar tiempo en ser creado por primera vez, para casos de empresas que ocupan este modelo en un cierto periodo de tiempo determinado, ayuda a que las siguientes veces de su uso sea de una forma rápida, eficiente y eficaz al ser utilizado.

### C. Programación lineal Mixta

Muchos problemas de decisión involucran no solo variables que pueden representarse por valores reales, sino decisiones de tipo discreto que están representadas de forma natural por variables enteras o binarias. [9]

Este tipo de modelos se dice que tienen un problema de tipo híbrido ya que algunas variables de decisión pueden ser enteras y otras no. Involucra que cualquier variable entera también puede ser expresada como una combinación de variables binarias. Esto quiere decir que considera una combinación de variables. [10]

La programación lineal entera ayuda a poder determinar los horarios de los operadores telefónicos. Por otro lado, la programación lineal binaria ayuda a asignar días libres a los operadores para el cumplimiento en el mes de agosto. Cabe destacar, que los días libres se tienen que asignar de forma consecutiva, siendo dos días libres a la semana que los operadores telefónicos tienen derecho de descansar.

## III. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

### A. Modelo de Asignación

Se necesita asignar los horarios de jornada laboral, pero se desconoce realmente la cantidad de operarios necesarios para poder cumplir con la totalidad de la demanda del mes de agosto, es por ello que se necesita determinar la cantidad de horarios necesarios y las horas específicas de jornada laboral. El problema se dividirá en dos segmentos para facilidad del investigador para poder plantear y elaborar el problema, en donde se tiene de forma general un problema de tipo:

$$Cmin = \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^{36} \sum_{k=1}^7 16.67X_{ijk} \quad (1)$$

En donde se busca en el modelo minimizar el costo total de operaciones, es decir, utilizar la menor cantidad de operadores telefónicos para el cumplimiento de la demanda con la menor cantidad de recurso humano. Para ello el costo por agente por día es de \$16.67 y se busca asignar el horario tipo “i” para los intervalos “j” con días libres “k”.

### B. Asignación de horarios

Para proceder a determinar los horarios necesarios para satisfacer la demanda, se realiza un estudio de tendencia por parte del cliente y brinda a Startek la cantidad de operadores telefónicos que deben estar listos para atender la siguiente llamada. Esta información por parte del cliente serían las restricciones del modelo, ya que se busca cumplir con la demanda del cliente.

Se utiliza programación lineal entera para poder determinar los horarios necesarios para satisfacer la demanda, como todo problema de optimización se necesitan determinar ciertas holguras, ya que se necesita considerar imprevistos y necesidades básicas personales ya que se está trabajando con el recurso humano.

La empresa determina un 15% de margen de error o margen de tolerancia, en donde se engloba los imprevistos como: llegadas tardías, ausentismo, dificultades técnicas, hora de almuerzo, tiempos de descanso, salidas por incapacidades, entre otros.

En la tabla 1, a continuación muestra que los operadores telefónicos cuentan con 60 minutos de almuerzo o dos intervalos. Así mismo se refleja el margen tolerancia del 15% que ya es establecido por el equipo de WFM en Startek y los tiempos de descanso. Para determinar el porcentaje de almuerzo y de descanso, se determina de forma porcentual cuanto representa de los 540 minutos que el empleado está dentro de la empresa (incluyendo la hora de almuerzo). Siendo una holgura total del 32% que se aplica en los diferentes intervalos para los diferentes días.

Descripción	Duración	Tiempo	%
Turno	540 min		100%
Almuerzo	60 min		11%
Breaks	30 min		6%
Shrinkage	15%	Establecido	15%
<b>Holgura total</b>			<b>32%</b>

Tabla. 1 Determinación de holgura a utilizar

Fuente: Elaboración propia

**Variables:**

$X_i$  = número de trabajadores asignados al turno  $i$ .

$Y_j$  = número de trabajadores necesarios para satisfacer la demanda en el intervalo  $j$

**Función Objetivo**

$$Cmin = \sum_{i=1 \in m}^{21} \sum_{j=1 \in m}^{36} 16.67X_{ij} \quad (2)$$

**Restricciones**

1. Asignar cantidad de turnos tipo  $i$  en el intervalo  $j$ :

$$\sum_{i=1 \in m}^{21} X_i \geq Y_j$$

2. Asignar turno tipo  $i$ :

$$X_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, 3 \dots 21.$$

3. Asignar intervalo  $j$ :

$$Y_j \geq 0 \quad \forall j = 1, 2, 3 \dots 36$$

4. Asignar turno  $i$  en el intervalo  $j$  para los subconjuntos de  $m$ :

$$m_1(i = 1, j = 1), m_2(i = 2, j = 1, 2), m_3(i = 3, j = 1, 2, 3) \dots m_{21}(i = 21, j = 1, 2, 3 \dots 36)$$

En los diferentes días se obtiene un cumplimiento de la demanda con un 100% de su totalidad o un poco más, el modelo determina la cantidad de operadores necesarios en esos días para lograr el rendimiento esperado.

A continuación se muestra la cantidad de operadores necesarios en los diferentes días de la semana para el mes de agosto:

# Operarios necesarios	
Día	Operadores
Lunes	90
Martes	89
Miércoles	90
Jueves	90
Viernes	83
Sábado	68
Domingo	46

Tabla. 2 Cantidad de operadores telefónicos a necesitar en los diferentes días de la semana

Fuente: Elaboración propia

**C. Asignación de días libres**

En la empresa Startek se requiere cumplir con una cantidad determinada de personas, para el cumplimiento del número de operadores requeridos listo para tomar llamadas en los diferentes 36 intervalos del día. Cabe destacar que todos los empleados trabajan tiempo completos y deben trabajar cinco días consecutivos y descansar dos días seguidos. Es por ello que se requiere minimizar la cantidad de empleados de tiempo completo, que tengan que ser contratados en el periodo que se está estudiando.

Se determinó anteriormente la cantidad de empleados necesarios en los diferentes días de la semana, ahora se procede a determinar la cantidad de operadores a contratar en el mes de agosto para poder satisfacer la demanda sin ningún problema. En este caso se utiliza programación lineal binaria, ya que el formato binario permite la decisión si ocurre un suceso o no.

**Variables:**

$Z_k$  = número de trabajadores que trabajan en el día  $k$ .

**Función Objetivo**

$$Cmin = \sum_{i=1 \in m}^7 Z_k \quad (3)$$

**Restricciones**

1. Determinar la cantidad de operadores en los diferentes días de la semana necesarios para satisfacer la demanda  $j$ .

$$Z_1 \geq 90 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Lunes.}$$

$$Z_2 \geq 89 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Martes.}$$

$$Z_3 \geq 90 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Miércoles.}$$

$$Z_4 \geq 90 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Jueves.}$$

$$Z_5 \geq 83 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Viernes.}$$

$$Z_6 \geq 68 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Sabado.}$$

$$Z_7 \geq 46 \text{ Cantidad mínima de operadores telefónicos el día Domingo.}$$

2. Asignar la cantidad de operadores de los diferentes tipos de turno al día  $k$ .

$$Z_k \geq 0 \quad \forall k = 1, 2, 3 \dots 7.$$

Teniendo claro que las personas deben descansar dos días seguidos, para un día en específico se tendrán en la planta de producción todas aquellas personas que no tengan día de descanso no solo las personas que inician en ese día en específico. Es por ello que se obtiene la siguiente nomenclatura:

<b>Lunes</b>	Z1+		Z4+	Z5+	Z6+	Z7+	≥	90	
<b>Martes</b>	Z1+	Z2+		Z5+	Z6+	Z7+	≥	89	
<b>Miércoles</b>	Z1+	Z2+	Z3+		Z6+	Z7+	≥	90	
<b>Jueves</b>	Z1+	Z2+	Z3+	Z4+		Z7+	≥	90	
<b>Viernes</b>	Z1+	Z2+	Z3+	Z4+	Z5+		≥	83	
<b>Sábado</b>		Z2+	Z3+	Z4+	Z5+	Z6+	≥	68	
<b>Domingo</b>			Z3+	Z4+	Z5+	Z6+	Z7+	≥	46

Fig. 3 Nomenclatura matemática para restricciones en modelo de asignación de días libres

Es posible determinar la cantidad de agentes u operadores telefónicos necesarios a contratar para el mes de agosto, siendo un total de 113 agentes que en el salario de recurso humano representa un total de \$56,500 totales en el mes. Esto viene siendo el pronóstico de asignación, puede variar un total de 15% por los imprevistos mencionados en la holgura establecida por la empresa.

A continuación se resume los días libres a asignar para los diferentes 113 horarios obtenidos por el modelo de asignación:

Días libres	Cantidad
SABADO/DOMINGO	37
DOMINGO/LUNES	22
LUNES/MARTES	1
MARTES/MIERCOLES	23
MIERCOLES/JUEVES	0
JUEVES/VIERNES	23
VIERNES/SABADO	7

Fig. 4 Cantidad de horarios con días libres determinados

Fuente: Elaboración propia

#### D. Comparación del modelo con situación real

Se obtiene una cantidad de arreglos muy grande, que si se realiza de una forma manual es posible que el analista tome una gran cantidad de tiempo que puede utilizar para otras actividades. No obstante, existe el error humano y perjudicaría en obtener una solución óptima. Este modelo brinda la solución de forma casi inmediata analizando la diversidad de posibles arreglos y tomando la mejor opción para las necesidades especificadas en el mismo. Siendo  $2.74 \times 10^{23}$  posibles arreglos para los 113 empleados.

Las proyecciones del equipo de WFM dentro de la empresa planificaron un 64.07% de un rendimiento proyectado, El rendimiento propuesto es de 100% con un margen de error mínimo ya que el modelo sirvió como pauta para designar que horarios crear, la demanda de un intervalo se satisface con el 90% del cumplimiento de la demanda. Se obtiene una mejora de rendimiento en cuanto a satisfacción a la demanda se refiere de un 35.93%.

Se determina un costo total del modelo propuesto de \$56,500 para el mes de agosto, por otra parte, el costo total por agente en la situación real dentro de Startek es de \$58,050.94. Los costos de la situación actual incluyen pago de horas extras y en el modelo propuesto no se consideran horas extra.

Se obtiene una reducción proyectada de costos de un 2.67% que representa \$1,550.94, en cantidad de moneda nacional son L. 38,075.58 solo por poder determinar una cantidad optima de distribuir horarios de acuerdo a las necesidades de la empresa. Véase el anexo 3 para mayor detalle en cuanto a las horas que se deben pagar.

#### IV. CONCLUSIONES

1. El modelo de asignación es capaz de equilibrar la asignación de horarios, buscando un balance en la carga laboral general de Startek en la atención del cliente de Wal-Mart. Con el modelo de asignación es posible pronosticar un 100% de cumplimiento de la demanda lo cual representa una mejora de un 35.93%, con la contratación de 113 empleados necesarios. La ventaja del modelo que no considera horas extra para poder satisfacer la demanda, por lo cual el costo de mano de obra es menor ya que se cumple la jornada laboral dentro de un horario regular.

2. Los horarios constan de 21 posibles turnos, donde el modelo de asignación fue capaz de distribuir horarios en las diferentes jornadas laborales. Obteniendo una reducción de costos proyectada del 2.67% que representan \$1,550.94. Este tipo de reducción representa una mejora, ya que solo con el hecho de poder distribuir los horarios de una forma óptima incrementa sus utilidades.

3. Por medio del modelo de asignación fue posible distribuir 58 horarios distintos, en el cual consta de dos días libres consecutivos cumpliendo la cantidad de horas de trabajo necesarios en los 21 turnos posibles para los 113 empleados que se necesitan para llevar acabo las operaciones del mes de agosto. De acuerdo al método utilizado, se determinó que es factible distribuir a los 113 empleados en las 21 jornadas posibles teniendo como resultado 58 diferentes horarios. Se logra este resultado como el óptimo de  $2.74 \times 10^{23}$  posibles soluciones, de que permiten poder cumplir con el requerimiento y necesidades del cliente para el mes de Agosto.

#### V. TRABAJO FUTURO

Para el seguimiento de la investigación para la línea de comercio electrónico Walmart, es necesario tomar en cuenta por medio de distribuciones de probabilidad la proyección de tiempo de respuesta promedio, cantidad de llamadas que el personal puede atender, tomando en cuenta el rendimiento de los últimos días del mismo. Dado que, a partir del mes de septiembre, Startek se encuentra en una prueba piloto para empezar a implementar dicho indicador de desempeño. La meta de este indicador de desempeño es de 470 segundos, el incumplimiento del mismo podría ocasionar penalización en el rendimiento de cada intervalo sobre el cumplimiento de personal. Siendo la penalización, la varianza de lo obtenido en relación a la meta establecida por el cliente.

#### REFERENCIAS

- [1] Jiménez, V. E. (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico. *ACADEMO Revista de la investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*.
- [2] Taha, H. (2012). *Investigación de Operaciones*. Fayetteville: Pearson.
- [3] Amezcua, C. C. (2016). Modelo de optimización de fuerza de trabajo usando un algoritmo de generación de columnas. Yucatán, México: Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro.
- [4] Universidad Tecnica Federico Santa Maria. (25 de Julio de 2003). Fundamentos de Investigación de Operaciones, Formulación de Modelos de Programación Lineal. Obtenido de Departamento de Informática: <https://www.inf.utfsm.cl/>
- [5] Lopez, B. S. (2016). Ingeniería Industrial- Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Unported. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>
- [6] Ruz, J. (2014). INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA, MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y DE CONTROL. Madrid: Universidad Complutense Madrid.
- [7] Villagómez, R. O. (2012). Programación lineal para la asignación de personal a horarios de trabajo. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [8] León, E. C. (2013). Programación Lineal: Aplicación a la producción de Helados. Sevilla: Deposito de Investigación Universidad de Sevilla.
- [9] Prada, C. d. (2012). Programación mixta-entera. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
- [10] Williams, P. (2009). Logic and integer programming. International Series in Operations Research & Management Science. New York : ISBN 978-0-387-92280-5.