



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Profesional de Investigación Operativa

**Asignación de tareas en una empresa de transporte
público utilizando el Método Húngaro para minimizar
los costos de operatividad**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación
Operativa**

AUTOR

Keny CÓRDOVA PALOMINO

ASESOR

Dr. Carlos ORTEGA MUÑOZ

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Córdova, K. (2021). *Asignación de tareas en una empresa de transporte público utilizando el Método Húngaro para minimizar los costos de operatividad*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Keny Córdova Palomino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45701663
URL de ORCID	
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Ortega Muñoz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10196265
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8663-4095
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Enrique Calderon Rodriguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09910975
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Flor Cagniy Cardenas Mariño
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	45422233
Datos de investigación	

Línea de investigación	A.3.3.6. Aplicaciones de herramientas de IO a la producción de bienes y servicios.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2021
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN
LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL
DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA
(PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I)**

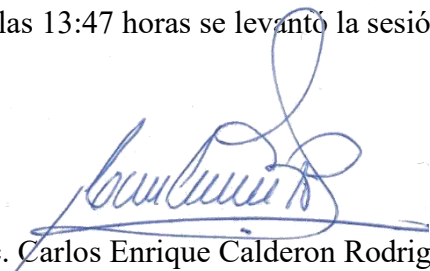
En Lima, siendo las 13:30 horas del domingo 03 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Lic. Carlos Enrique Calderon Rodriguez (PRESIDENTE), Mg. Flor Cagniy Cardenas Mariño (MIEMBRO) y el Dr. Carlos Ortega Muñoz (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **“ASIGNACIÓN DE TAREAS EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO UTILIZANDO EL MÉTODO HÚNGARO PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DE OPERATIVIDAD”**, presentado por el señor **Bachiller Keny Córdova Palomino**, para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del trabajo de suficiencia, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del Jurado Evaluador, el expositor mereció la aprobación **Bueno**, con un calificativo promedio de **16**.

A continuación, los miembros del Jurado dan manifiesto que el participante **Bachiller Keny Córdova Palomino** ha aprobado el Trabajo de Suficiencia Profesional.

Siendo las 13:47 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.


Lic. Carlos Enrique Calderon Rodriguez
PRESIDENTE


Mg. Flor Cagniy Cardenas Mariño
MIEMBRO


Dr. Carlos Ortega Muñoz
MIEMBRO ASESOR



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Carlos Ortega Muñoz en mi condición de asesor acreditado con Dictamen N° 000001-2026-EPIO-FCM/UNMSM del Trabajo de Suficiencia Profesional, cuyo título es: ASIGNACIÓN DE TAREAS EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO UTILIZANDO EL MÉTODO HÚNGARO PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DE OPERATIVIDAD, presentado por el bachiller KENY CÓRDOVA PALOMINO para optar el título profesional de Licenciado en Investigación Operativa, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 2% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Lima, 12 de octubre de 2026.

Firma del Asesor _____

Nombres y Apellidos del asesor: Carlos Ortega Muñoz

DNI 10196265

Dedicatoria

A mi hijo Mateo Valentino por ser mi mayor motivación para seguir adelante. A mi esposa, padres y hermanos por ser mi apoyo y soporte en este proceso académico.

Agradecimiento

A mis maestros que con sus enseñanzas me sirvieron de base para mi formación profesional.

Resumen

Asignación de tareas en una empresa de transporte público utilizando el método húngaro para minimizar los costos de operatividad

Keny Córdova Palomino

Octubre 2021

Título obtenido : Licenciado en Investigación Operativa

El presente trabajo tiene como objetivo obtener una asignación óptima entre buses y conductores de la ruta 257 del turno mañana con el fin de Minimizar los costos totales de operatividad (costo de buses y conductores), para ello se utilizó un método práctico llamado método húngaro que viene a ser uno de los muchos algoritmos del problema de asignación. En el trabajo se usó una metodología cuantitativa no experimental recolectando data de costos de asignación en diferentes áreas de la empresa para construir una matriz de costos y en base a los resultados obtenidos del trabajo elaborado, se recomendó implementar la asignación óptima en la operación de la ruta implementando algunas restricciones.

Palabras claves: Transporte urbano, método húngaro, asignación de tareas, minimización de costos.

Abstract

Task allocation in a public transport company using the Hungarian method to minimize operating costs

Keny Córdova Palomino

October 2021

Degree obtained : Graduate of Operations Research

The objective of this work is to obtain an optimal allocation between buses and drivers of route 257 of the morning shift in order to minimize the total operating costs (cost of buses and drivers), for this, a practical method called the Hungarian method was used, which is one of the many algorithms of the assignment problem. In the work, a non-experimental quantitative methodology was used collecting data on allocation costs in different areas of the company to build a cost matrix and based on the results obtained from the work prepared, it was recommended to implement the optimal allocation in the operation of the route by implementing some restrictions.

Keywords: Urban transport, Hungarian method, task assignment, cost minimization.

ÍNDICE GENERAL

Índice general	v
Índice de figuras	vi
Índice de cuadros	vii
I. Introducción	1
II. Información de lugar donde se desarrollo la actividad.....	2
1. Institución del desarrollo de actividad.....	2
2. Periodo de duración.	2
3. Finalidad y objetivo de la empresa.	2
4. Razón social.....	2
5. Profesional a cargo.....	2
III. Descripción de la actividad.	3
1. Organización de la actividad.....	3
2. Objetivos de la actividad.....	3
3. Problemática.....	3
4. Metodología.....	5
i. Costo de asignados.....	5
ii. Costo de tareas.	9
iii. Bono de producción.....	15
5. Aplicación del método húngaro.	18
6. Resultados de la aplicación.....	25
IV. Conclusiones.	26
1. Justificación.....	26
2. Metodología Aplicada.	27
3. Descripción de la implementación.....	27
V. Recomendaciones.	28
VI. Bibliografía.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.....</i>	23
<i>Asignados y tareas que aún faltan por tener una asignación</i>	23
<i>Figura 2.....</i>	24
<i>Asignación de tareas con el resto de tareas y asignación que tienen un solo cero</i>	24
<i>Figura 3.....</i>	24
<i>Asignados y tareas que aún falta tener una asignación</i>	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	6
Bono por años laborados	6
Cuadro 2	6
Bono de antigüedad	6
Cuadro 3	7
Pago diario por asignación familiar.....	7
Cuadro 4	9
Costo total diario de cada asignado	9
Cuadro 5	10
Pago por hora extra.....	10
Cuadro 6	10
Horas programadas de las tareas	10
Cuadro 7	12
Costo de combustible por unidad de medida.....	12
Cuadro 8	13
Kilometraje programado y consumo de combustible	13
Cuadro 9	14
Costo promedio de mantenimiento por tipo bus	14
Cuadro 10	14
Promedio del costo de mantenimiento por kilometraje programado	14
Cuadro 11	15
Costo total diario de cada tarea.....	15
Cuadro 12	16
Porcentaje de pago de la producción	16
Cuadro 13	16
Producción diaria de un asignado	16
Cuadro 14	17
Pago bono de producción diario.....	17
Cuadro 15	18
Costo total por día de un asignado i por realizar la tarea j.....	18
Cuadro 16	19
Monto mínimo de cada fila de la matriz de costos	19
Cuadro 17	19
Montos restados con el mínimo de cada fila.....	19
Cuadro 18	20

Monto mínimo de cada columna de la nueva matriz de costos.....	20
Cuadro 19	20
Montos restados con el mínimo de cada columna	20
Cuadro 20	21
Procedimiento de cubrir ceros con la mínima cantidad de líneas	21
Cuadro 21	21
Resultado de la resta del mínimo valor no cubierto con los demás valores	21
Cuadro 22	22
Asignación de tareas con asignados por el caso de tener un solo cero.....	22
Cuadro 23	25
Asignación optima aplicando método húngaro	25
Cuadro 24	25
Costo total de la asignación optima aplicando el método húngaro	25
Cuadro 25	26
Asignación común que maneja la empresa	26
Cuadro 26	26
Costo total diario de la asignación común que maneja la empresa	26

I. INTRODUCCION

AllinGroup – Javier Prado tiene la concesión del corredor rojo que actualmente cuenta con 5 rutas, movilizandando a más de 75 mil usuarios por día y conectando a más de 10 distritos de Lima Metropolitana, pero por temas de emergencia Sanitaria que aún atraviesa el país, la empresa está siendo golpeado económicamente y en los meses de julio y agosto no se llegó a incrementar la demanda de usuarios, por ello que se comenzó a ver la forma de cómo reducir los costos operativos.

Un método especial y practico en los casos del problema de asignación y que es utilizado en diversos campos como en empresas de producción de bebidas refrigeradas, hospitales, empresas de transporte, etc. es el método húngaro.

Se usará el método húngaro en este trabajo para obtener una asignación óptima entre buses y conductores de la ruta 257 del turno mañana con el fin de Minimizar los costos totales de operatividad (costo de buses y conductores).

El trabajo que se realizará será recolectar todos los datos posibles de costos que estén vinculados a los asignados (conductores) y a las tareas (buses) para poder armar nuestra matriz de costos en base a ellos. Por tal motivo que se necesitará el apoyo de las demás áreas como Recursos Humanos, Mantenimiento y Operaciones con la data de los costos.

Se aplicará el método húngaro a la matriz de costos ya realizada, en esta parte se dará todo el paso a paso por realizar del método para finalmente obtener la asignación óptima de tareas y asignados.

Finalmente se realizará una comparación de costos totales de una asignación tradicional que la ruta 257 del turno mañana usaba, con la asignación óptima que se obtuvo, ambos serán medidos con la matriz de costos que se obtuvo en este trabajo y a partir de los resultados se dará algunas recomendaciones a la empresa para la minimización de costos totales de operatividad de la ruta 257 turno mañana y de las demás rutas.

II. INFORMACION DE LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD

1. Institución del desarrollo de actividad.

Actualmente la empresa donde estoy laborando y desarrollándome profesionalmente y además donde vengo realizando la actividad para el curso de trabajo de suficiencia profesional (TSP), tiene el nombre de:

ALLIN GROUP – JAVIER PRADO S.A

2. Periodo de duración.

Inicié mis labores en la empresa el 09 de abril del 2019, con el cargo de analista de optimización, fui ascendido al cargo de coordinador de programación el 02 de febrero del 2021, actualmente tengo contrato con la empresa hasta el 31 de diciembre del 2021 con opción de renovar por un año adicional.

3. Finalidad y objetivo de la empresa.

Somos una empresa que tiene como concesión la operatividad del corredor rojo, regulado o supervisado por la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU), brindamos servicio de transporte urbano de pasajeros con responsabilidad social con el fin de mejorar la calidad de servicio para nuestros usuarios durante todo el proceso de su movilización.

Nuestro objetivo principal con la sociedad es, ser generadores y pioneros del cambio a un transporte moderno, con base al profesionalismo y con la pasión de nuestra gente.

4. Razón social.

La empresa esta categorizado en el rubro de transportes, la razón social de la empresa es: ALLIN GROUP - JAVIER PRADO S.A. y la dirección postal (CIU) es 60214.

5. Profesional a cargo.

Actualmente tengo como jefe inmediato al Sr. Andres Felipe Castañeda Ballesteros, quien es ingeniero industrial de profesión (estudios realizados en Colombia) y en la empresa tiene el cargo de jefe de planeación y programación y principalmente una de sus funciones es estar y representar al área en las diversas reuniones que realiza directorio con las demás áreas.

El correo laboral de mi jefe inmediato es:

andres.castaneda@grupopolo.pe

III. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD.

1. Organización de la actividad.

Como ya les venía mencionando rayas arriba, actualmente en la empresa tengo el puesto de coordinador de programación, bajo mi cargo se encuentran 3 analistas y 1 practicante del área. Tengo como función principal:

- Coordinar constantemente con las áreas de recursos humanos y de operaciones por temas de conductores y buses ya que estos 2 van variando semanalmente para más o para menos.
- Realizar la programación o llámese también la asignación de buses y conductores de manera semanal cumpliendo con los indicadores que maneja la empresa y las restricciones que tienen muchos conductores por diversos factores.

Uno de los problemas principales de la realización de la programación o asignación de conductores y buses es que no se tiene contemplado los costos que va a generar cada asignación, es por ello que muchas veces, por no decir siempre, las asignaciones que resultan tienen costos altos, es decir que la programación semanal no se realiza visualizando o analizando costos, entonces no estamos siendo óptimos en esa parte. Es por ello que decidí realizar el problema de asignación utilizando el método húngaro en mi TSP.

Una vez encontrado el problema, lo primero que haremos será identificar todos los costos posibles que tengan relación con conductores y buses cuando se hace una asignación, luego definiremos nuestras tareas y asignados, luego verificaremos que cumpla con las condiciones del problema de asignación y si así fuese el caso entonces procederemos a armar nuestra matriz de costos para poder aplicar el ya conocido método húngaro con la intención de encontrar una asignación óptima, finalmente realizaremos un comparativo de nuestra asignación común y corriente con la asignación que se obtendrá aplicando el método húngaro y veremos realmente si el resultado es óptimo o no.

2. Objetivos de la actividad.

Nuestro objetivo principal al realizar la actividad es obtener una asignación óptima entre tareas y conductores mediante el método húngaro con el fin de Minimizar los costos de operatividad (costo de tareas y costo de conductores).

Como objetivo secundario de la actividad es conocer todos los costos que influyen en la programación o asignación de conductores a tareas.

3. Problemática.

AllinGroup – Javier Prado inició sus actividades en el transporte urbano el 01 de agosto del 2014 con otra razón social (Consortio Expreso Javier Prado S.A.) donde contaba con paraderos iniciales en Zapallal y Ceres. Tenía el recorrido por las principales avenidas como Panamericana Norte, Av. Universitaria y Av. Javier Prado. Ya en el año 2016 obtuvo la concesión del corredor rojo iniciando

sus actividades con la ruta 201 como ruta inicial que abarcaba toda la Av. Javier Prado y cuyos paraderos iniciales eran Ceres y La Marina.

Actualmente el corredor rojo ya cuenta con 5 rutas activas en Lima Metropolitana: 201, 204, 206, 209 y 257, transportando por día a más de 75000 usuarios y conectando distritos como: Ate, La Molina, Cieneguilla, San Borja, La Victoria, Lince, San Isidro, Jesus María, San Miguel, Pueblo Libre, etc. La empresa cuenta con más de 500 trabajadores de los cuales cerca de 350 son conductores y adicional a ello tienen a su disposición 260 buses en funcionamiento ya sea con motor tipo combustible GNV, diésel y/o eléctrico.

Por los protocolos sanitarios establecidos para los corredores por parte del gobierno, solo se permite transportar pasajeros sentados mas no parados, esto es una de las causas principales para que la producción actual de todas las rutas del corredor rojo sea mucho menor que la producción que se tenía antes de pandemia y las ganancias o utilidades de la empresa han tenido el mismo comportamiento.

Este año el comportamiento de la producción del corredor rojo está teniendo un comportamiento ascendente, pero en estos 2 últimos meses (Julio – Agosto) se mantuvo constante y una de las causas es que en la mayoría de los buses ya no se tiene asiento disponible para seguir transportando más usuarios y por ello que ya se llegó al máximo de producción por bus, tener en cuenta que la capacidad de un bus es de 45 asientos. Una solución inmediata sería incrementar buses y conductores adicionales, pero no se cuenta con ninguno de ellos y por el momento, por temas económicos, no se tiene planeado adquirir nuevos buses ni aumentar el número de conductores en la planilla.

Esto hace que las ganancias o utilidades también hayan quedado estancadas o en el peor de los casos comiencen a tener un comportamiento descendente. Es por ello que se optó por analizar y encontrar alguna forma de poder reducir los costos de operatividad, esto viene a ser el costo de realizar una tarea por un conductor.

De las rutas mencionadas anteriormente, se eligió para nuestra actividad la 257, ya que viene a ser la ruta más corta, la que cuenta con menor flota, con menor cantidad de conductores y como dato adicional cabe decir también que es la ruta que menor producción tiene ya que por día transporta 6200 usuarios en promedio y el pasaje general es de S/. 1.00 mientras que en las demás rutas el pasaje general es de S/. 1.70.

La ruta 257 presta atención de lunes a sábado en los horarios de 5 am a 10 pm y los domingos no se encuentra activa. Por cada viaje que realiza un bus de la ruta 257, recorre 14.02 kilómetros y el tiempo de viaje es variado según la hora de salida y el tiempo de operatividad del bus también es variado según la franja horaria de trabajo. Adicional a ello esta ruta cuenta solo con 11 buses, cada uno de ellos tiene un costo de operatividad ya sea por mantenimiento, mano hombre, combustible, etc.

En el tema de conductores, la ruta 257 cuenta con 22 operadores, de los cuales 11 operadores están en turno mañana y 11 en turno tarde y cada uno de ellos tiene establecido un costo, además estos conductores ya están fijos tanto en la ruta como en el turno.

Finalmente, conociendo el comportamiento de la ruta 257, se elegirá esta ruta para iniciar con la minimización de costos de operatividad, el cual es reducir el costo de realizar una tarea “x” por un conductor “y”, para ello vamos a tener que realizar una asignación óptima de tareas con conductores utilizando el método húngaro.

4. Metodología.

Como ya se mencionó en la parte de problemática, vamos a aplicar el método húngaro en la ruta 257 turno mañana para obtener la asignación óptima con el fin de reducir los costos de operatividad, para ello primero necesitamos verificar que la asignación de buses, de ahora en adelante llamaremos tareas, a los conductores en la ruta 257 tenga las características del problema de asignación.

A continuación, enunciamos las características de asignación de tareas con conductores en la ruta 257 para turno mañana.

- a) El número de conductores es igual al número de tareas.
- b) A cada conductor se le asigna una sola tarea.
- c) Cada tarea debe realizarla solo un conductor.
- d) Existe un costo asociado con el conductor “x” que realiza la tarea “y”.
- e) El objetivo es determinar cómo deben hacerse las asignaciones para minimizar los costos operativos.

Por tanto, la asignación de la ruta 257 si se ajusta a la definición del problema de asignación. Ahora necesitamos conocer todos los costos que intervengan tanto en los conductores como en las tareas.

A continuación, comenzamos a definir las diversas variables de costos de conductores (operadores), que de ahora en adelante le llamaremos asignados, y de tareas que se utilizarán para la aplicación del método húngaro.

i. Costo de asignados.

Son los pagos o bonos que la empresa realiza a los asignados (Conductores) que se encuentran laborando y están en planilla con el fin de dar un incentivo extra a los asignados para que cumplan su programación o su asignación ya sea durante la semana o durante el mes, se cuenta por ejemplo con los siguientes casos: bono de antigüedad, bono de producción, asignación familiar, seguro salud, gratificación y CTS. Algunos de estos pagos están regidos bajo las normas gubernamentales es por ello que algunos de estos pagos son por igual para todos los asignados. En esta parte no están contemplados los pagos mensuales por planilla a los asignados ya que esa variable se verá en costo de tareas. Adicional a ello solo detallaremos los costos de los 11 asignados que están fijados en turno mañana para la ruta 257.

A continuación, detallaremos uno por uno los pagos mencionados, adicional a ello obtendremos los valores de los pagos diarios:

a) Bono de antigüedad.

Es un pago adicional que la empresa brinda a los asignados que se encuentran en planilla según sus años laborados, para ello la empresa cuenta con una jerarquía de pago en base a años trabajados, tal como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1

Bono por años laborados

RANGO	MONTO MENSUAL
[1; 2) años	S/150.00
[2; 3) años	S/250.00
[3; más) años	S/300.00

Pago adicional a asignados según años trabajados en la empresa.

Los asignados de la ruta 257 con turno en la mañana serán enumerados del 1 a 11 y adicional a ello se debe tener el dato de cada asignado de los años laborados en la empresa hasta la actualidad y para ello el área de recursos humanos nos brindó la siguiente información tal como se muestra en el cuadro 2, donde tenemos las columnas Asignado, Años trabajados y Bono por antigüedad, este último representa el bono o pago por día.

Cuadro 2

Bono de antigüedad por día

ASIGNADO	AÑOS TRABAJADOS	BONO POR ANTIGÜEDAD
1	1.6	S/5.00
2	2.1	S/8.33
3	3.4	S/10.00
4	1.7	S/5.00
5	1.9	S/5.00
6	2.4	S/8.33
7	3.6	S/10.00
8	2.7	S/8.33
9	3.2	S/10.00
10	2.9	S/8.33
11	2.8	S/8.33

Pago por día a asignados según el rango de años trabajados.

Como se observa en el cuadro 2, para hacer un análisis más detallado en nuestros cálculos el pago del bono de antigüedad se manejará por día y no por mes, para ello se hizo la división del pago mensual del bono en base a los años laborados entre 30, que viene a ser los días totales de un mes calendario.

Por ejemplo, para el asignado 1 se tiene 1.6 años trabajados en la empresa y si vemos los rangos de pagos en el cuadro 1, tenemos que al asignado 1 le tocaría pagar 150 soles adicionales por mes y si a ese monto le hacemos una división entre 30 (días de mes calendario) pues ahí tendríamos el pago del bono por día y ese resultado sería 5 soles, tal como se muestra en el cuadro 2, de manera simultánea se obtuvo el bono por día para los demás asignados.

Ahora pasamos con el siguiente pago que por ley toda empresa formal debe realizarlo.

b) Asignacion familiar.

Es un pago adicional que la empresa realiza a los trabajadores que tienen a su cargo uno o más hijos menores de 18 años. Actualmente la empresa paga el monto de 94 soles mensuales por asignado que cumplan con la condición, por ello que no todos los asignados reciben este pago. Una vez más el área de recursos humanos nos brindó la información actualizada de los 11 asignados sobre este pago y tenemos que los asignados 3 y 11 no cuentan con dicho pago ya que no cumplen con los requisitos.

Como dato adicional haremos una división al monto mensual de asignación familiar entre 30 para obtener el pago diario que se realiza, por ejemplo, el asignado 1 cuenta con dicho pago y hacemos la división de 94 soles con 30 días y obtenemos 3.13 soles que viene a ser el pago diario de la asignación familiar. A continuación, se presenta a mayor detalle el cuadro 3, donde se observa quienes son los asignados que califican para este pago y el monto por día que reciben.

Cuadro 3

Pago diario por asignación familiar

ASIGNADO	ASIGNACION FAMILIAR
1	S/3.13
2	S/3.13
3	
4	S/3.13
5	S/3.13
6	S/3.13
7	S/3.13
8	S/3.13
9	S/3.13
10	S/3.13
11	

Pago diario por asignación familiar.

c) Seguro Essalud.

Es un pago mensual que la empresa realiza a Essalud para que todos sus trabajadores que se encuentran en planilla tengan un seguro de salud según

manda la ley. Actualmente la empresa abona a Essalud 122.9 soles por asignado que se encuentra en planilla, en el caso de la ruta 257 serían para los 11 asignados.

Al igual que los casos anteriores, vamos a realizar una división del monto a pagar por asignado (S/. 122.9) entre 30 días y obtenemos como resultado **4.10 soles**, que viene a ser el pago diario por asignado al seguro Essalud.

d) Gratificación.

Es un pago adicional que la empresa realiza a su trabajador 2 veces al año en los meses de julio y diciembre según la ley lo exige. El monto viene a ser el sueldo completo del trabajador. En este caso el sueldo básico del asignado es de 1365 soles y como el pago son 2 veces en el año entonces serían un total de 2730 soles por año que se paga a cada asignado.

El resultado obtenido será dividido por 365, que vienen a ser el total de días en un año, con ello tenemos **7.48 soles** que viene a ser el pago diario de gratificación para cada asignado.

Todo trabajador que se encuentra en planilla de la empresa percibe de este beneficio y el monto es variable de acuerdo al sueldo con el cual fue contratado. Esto incluye a los 11 asignados.

e) Compensación por tiempos de servicios (CTS).

Según la cámara de comercio de lima (CCL), todo trabajador que se encuentre en planilla de una empresa formal tiene derecho a percibir del pago adicional del 50% de su sueldo en los meses de abril y noviembre, el monto total sería la suma de un sueldo completo en todo el año y para el caso de la ruta 257 sería el monto de 1365 soles por asignado.

Dividimos 1365 soles entre 365 días para obtener el pago diario de CTS por asignado y como resultado obtenemos **3.79 soles**. Este pago es para todo asignado que se encuentra en la planilla de la empresa.

Una vez definidos todos los pagos o bonos que tiene un asignado que se encuentra en planilla, realizamos las sumas correspondientes para obtener el total de costos por asignado. A continuación, detallamos en el cuadro 4 los costos totales por asignado.

Cuadro 4

Costo total diario de cada asignado

ASIGNADO	BONO POR ANTIGUIDAD	ASIGNACION FAMILIAR	SEGURO ESSALUD	GRATIFICACION	CTS	COSTO TOTAL POR ASIGNADO
1	S/5.00	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/23.50
2	S/8.33	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/26.83
3	S/10.00		S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/25.37
4	S/5.00	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/23.50
5	S/5.00	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/23.50
6	S/8.33	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/26.83
7	S/10.00	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/28.50
8	S/8.33	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/26.83
9	S/10.00	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/28.50
10	S/8.33	S/3.13	S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/26.83
11	S/8.33		S/4.10	S/7.48	S/3.79	S/23.70

Costo total diario de cada asignado por estar en planilla de la empresa.

Por ejemplo, para el asignado 1 se tienen los siguientes pagos: bono de antigüedad con un monto de 5.00 soles, asignación familiar 3.13 soles, seguro essalud 4.10 soles, gratificación 7.48 soles y CTS 3.79 soles. Sumados todos los pagos se obtiene el monto de 23.50 soles, esto viene a ser el costo total del asignado 1 por pertenecer en la planilla de la empresa. En el cuadro 4 podemos ver a mayor detalle el costo total de los 11 asignados.

Cabe recordar que en esta parte aún no se ha considerado el pago del sueldo mensual a cada asignado ya que para eso primero veremos las horas de trabajo y es por ello que está relacionado con el costo de las tareas.

ii. Costo de tareas.

En esta parte vamos a ver todos los costos o gastos que están involucrados para que una tarea (bus) tenga operatividad. Para ello comenzamos diciendo que la ruta 257 tiene 11 tareas (11 buses) disponibles para ser asignados, de los cuales 6 usan combustible diésel y los otros 5 GNV. Esto hace que el gasto en combustible y en mantenimiento sea variado por ser de 2 tipos de motor, adicional a ello cada bus, que de ahora en adelante llamaremos tarea, ya tiene programado lo siguiente:

- Hora de inicio y hora fin (tiempo de trabajo).
- Cantidad de vueltas.
- Kilometraje recorrido (viajes comerciales y viajes en vacío).

Cada tarea ya tiene un tiempo de trabajo fijo (Programado) y todas ellas son diferentes por más que las cantidades de vueltas y el kilometraje recorrido sean iguales. A continuación, presentamos los diversos costos que influyen para la operatividad de las tareas.

a) Costo de jornada.

En esta parte es donde se contempla el pago por jornada de cada asignado en una tarea en función a las horas programadas que tienen las tareas. Sabemos que el pago mensual de cada asignado como base es de 1365 soles, pero ahora necesitamos saber el pago del asignado por hora de trabajo y para eso dividimos 1365 soles entre el producto de 30 por 8 donde 30 representa los días de un mes calendario y 8 las horas de trabajo por día de una asignado, como resultado de la división obtenemos 5.69 soles que viene a ser el costo por hora de un asignado a una tarea.

Hay tareas que están programados con más de 8 horas de trabajo, algunos casos llegan a pasar las 10 horas de trabajo y como consecuencia se tiene que considerar el pago de horas extras según indica la ley, a continuación, se presenta en el cuadro 5 el rango de horas extras, porcentaje de pago y el monto a pagar por hora extra.

Cuadro 5

Pago por hora extra

RANGO DE HORAS EXTRAS	PORCENTAJE DE PAGO	MONTO A PAGAR POR HORA EXTRA
(0 ; 2] HORAS	25%	S/7.11
(2 ; más) HORAS	35%	S/7.68

Pago por hora extra según el rango de horas extras.

Como ya dijimos anteriormente, cada tarea tiene un tiempo de trabajo programado. A continuación, presentamos el cuadro 6 donde se tiene la información de las 11 tareas con sus horas de trabajo, tipo de combustible y el pago de jornada del asignado por las horas programadas que incluye horas extras.

Cuadro 6

Horas programadas de las tareas

TIPO	TAREA	HORAS TRABAJADAS	PAGO POR DIA
DIESEL	1	07:23:00	S/42.01
	2	07:57:00	S/45.24
	3	08:05:00	S/46.11
	4	08:07:00	S/46.35
	5	08:12:00	S/46.94
	6	08:18:00	S/47.65
GNV	7	09:22:00	S/55.24
	8	09:30:00	S/56.19
	9	10:09:00	S/60.90
	10	10:20:00	S/62.31
	11	10:30:00	S/63.59

Horas programadas de las tareas y pago por día de realizar una tarea incluyendo horas extras.

Como podemos observar en el cuadro 6, se tienen 3 tipos de pago diario: los que trabajan menor o igual a 8 horas, los que trabajan mayor a 8 y menor o igual a 10 horas y los que trabajan mayor a 10 horas. Eso varía por las horas trabajadas o programadas que tienen las tareas, a continuación, explicamos a mayor detalle los 3 tipos.

- **Tiempo de trabajo menores o iguales a 8 horas:** Según el cuadro 6 estos casos lo tienen las tareas 1 y 2, por ello que el pago por día de dichas tareas es más simple de hallar pues solo multiplicamos las horas de trabajo por 24 (para convertir en número) y el pago por día que viene a ser 5.69 soles. Por ejemplo, para la tarea 1 sería de la siguiente manera:

$$(07:23:00) * 24 * 5.69 = 42.01$$

El resultado obtenido es tal cual se muestra en el cuadro 6, de la misma forma se obtiene el pago por día para la tarea 2.

- **Tiempo de trabajo mayor que 8 y menor o igual que 10 horas:** Estos casos tienen las tareas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 según el cuadro 6, por ello que el pago de dichas tareas tiene un paso adicional que el caso anterior y es de la siguiente manera: Multiplicamos 8 (horas) con 5.69 (soles), a ello le sumamos el producto entre el tiempo extra convertido en número con 7.11 (soles), ya que ese es el monto a pagar por hora extra de 0 a 2 horas tal como nos indica el cuadro 5. Por ejemplo, para la tarea 6 sería de la siguiente manera:

$$(8 * 5.69) + (7.11) * (18 \div 60) = 47.65$$

El resultado obtenido es tal cual se muestra en el cuadro 6, de la misma forma se obtiene el pago por día de las demás tareas que están en este tipo.

- **Tiempo de trabajo mayor que 10 horas:** según el cuadro 6 tienen estos casos las tareas 9, 10 y 11, en esta parte también se tiene un paso adicional que del caso anterior y se halla de la siguiente manera: Multiplicamos 8 (horas) con 5.69 (soles), a ello les sumamos primero el producto de 2 (horas) con 7.11 (soles) y segundo el producto entre el tiempo extra mayor que 2 horas convertido en número con 7.68 (soles), ya que ese es el monto a pagar por hora extra mayor que 2 horas tal como nos indica el cuadro 5. Por ejemplo, para la tarea 10 sería de la siguiente manera:

$$(8 * 5.69) + (2 * 7.11) + (7.68) * (20 \div 60) = 62.31$$

El resultado que se obtiene es tal cual se muestra en el cuadro 6, con el mismo procedimiento se obtiene el pago por día de las demás tareas que están en este tipo.

b) Costo de combustible.

Como mencionamos anteriormente, tenemos tareas cuyo motor puede funcionar o bien con combustible diésel o con GNV. Cada tipo de combustible tiene distinto valor en precio, rendimiento por kilómetro, tipo de medida y costo de mantenimiento, pero este último lo veremos más adelante con mayor detalle.

El costo del combustible Diésel actualmente está en incremento, pero la empresa ya tiene un contrato anual con una grifería local y el costo no ha variado demasiado con respecto al precio de meses anteriores, como si está pasando en las demás griferías.

A continuación, presentamos el cuadro 7, donde nos muestra los valores de cada variable mencionado.

Cuadro 7

Costo de combustible por unidad de medida

	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO POR UNIDAD DE MEDIDA	RENDIMIENTO
DIESEL	Galón	S/14.29	12.36 km/galón
GNV	Metro cubico	S/1.24	2.4 km/m3

Costo de combustible por unidad de medida y rendimiento de una tarea por unidad de medida.

De las 11 tareas que se tienen para la ruta 257, 6 cuentan con motor para combustible tipo diésel y 5 para GNV, el precio del combustible GNV es mucho más económico que el diésel (ver cuadro 7), es por ello que las tareas que tienen menor horario de trabajo fueron asignados con buses diésel y las tareas más cargadas en tiempo de trabajo con GNV, tal como se puede observar en el cuadro 6.

Ahora para saber el consumo de combustible de cada tarea, necesitamos tener el kilometraje total que recorre cada tarea, para eso debemos de mencionar el comportamiento de una tarea aleatoria.

Todas las tareas inician su recorrido en el patio inicial (patio pinor), por ejemplo, la tarea 1 inicia su recorrido en patio pinor a las 04:53 am y debe de estar en su paradero inicial (Ceres) a las 05:00 am, a ese desplazamiento le llamamos posicionamiento y la distancia es de 1.3 km. Es a partir de ahí en que la tarea comienza a transportar pasajeros y por lo tanto ya es una tarea operativa, cada viaje que realiza la tarea es de 14.02 km y una vez terminada su servicio retorna en vacío a patio pinor y ahí finaliza su jornada, la distancia de retorno del paradero final a patio pinor también es de 1.3 km.

Cabe mencionar otra vez que cada tarea ya tiene programado su tiempo de trabajo, eso implica que ya está programado su cantidad de vueltas y por ello ya se tiene previsto el kilometraje total que recorrerán.

Para obtener el costo de combustible total ya sea diésel o GNV de cada tarea, se hace una división entre el kilometraje programado y el rendimiento de combustible y a ese resultado se le multiplica por el costo de combustible por unidad, ambos datos se encuentran en el cuadro 7. A continuación presentamos el cuadro 8, donde se tiene el kilometraje programado y el costo de combustible para cada tarea.

Cuadro 8

Kilometraje programado y consumo de combustible

TIPO	TAREA	HORAS TRABAJADAS	KM PROGRAMADO	CONSUMO COMBUSTIBLE	COSTO DE COMBUSTIBLE
DIESEL	1	07:23:00	86.72	7.02	S/100.26
	2	07:57:00	86.72	7.02	S/100.26
	3	08:05:00	86.72	7.02	S/100.26
	4	08:07:00	86.72	7.02	S/100.26
	5	08:12:00	86.72	7.02	S/100.26
	6	08:18:00	86.72	7.02	S/100.26
GNV	7	09:22:00	100.74	41.98	S/52.05
	8	09:30:00	100.74	41.98	S/52.05
	9	10:09:00	114.76	47.82	S/59.29
	10	10:20:00	114.76	47.82	S/59.29
	11	10:30:00	114.76	47.82	S/59.29

Kilometraje programado, consumo de combustible y costo en combustible para cada tarea.

Por ejemplo, la tarea 2 usa combustible Diésel, tiene un tiempo programado de 07:57 horas, kilometro programado de 86.72 km (Cuadro 8), tiene un rendimiento de 12.36 kilómetros por galón según cuadro 7. Realizamos una división entre 86.72 y 12.36 donde obtenemos 7.02 galones que vendría a ser la cantidad de combustible que se necesitara para esta tarea, luego multiplicamos el resultado con 14.29 que es el precio del combustible diésel (Cuadro 7), el resultado del producto es de 100.26 soles que viene a ser el costo de combustible diésel para la tarea 2.

Para las tareas que tienen combustible GNV tiene un procedimiento similar, solo que varía en el precio y en el rendimiento de kilometro por metro cuadrado. En el cuadro 8 ya se tiene como resultado el costo de combustible de las 11 tareas.

Finalmente, si bien es cierto que tenemos tareas que tienen el mismo kilometraje programado pero diferentes horas trabajadas, esto pasa porque en algunos casos no todos tienen el mismo tiempo de viaje y va variando debido a la congestión vehicular que existe en las rutas de Lima metropolitana.

c) Costo de mantenimiento.

En esta parte veremos en promedio el costo por realizar mantenimiento a cada tarea, para ello nos colaboró el área de mantenimiento con la data, quien adicional a ello nos mencionó que el mantenimiento de una tarea, ya sea combustible Diésel o GNV, se realiza cada 20000 km de recorrido y los costos van en incremento según aumenta el kilometraje recorrido total de cada tarea, además el costo de mantenimiento para GNV es mayor que para un Diésel. También cabe mencionar que el promedio de costo de cada mantenimiento será dividido entre 2 ya que la ruta 257 como las demás cuentan con 2 turnos (am y pm) y solo queremos los costos para turno am.

El procedimiento que se realiza para la obtención de datos es la siguiente: De la data que nos brinda el área de mantenimiento sobre los costos, aplicamos el promedio al costo de mantenimiento por cada 20000 kilómetros, finalmente realizamos un nuevo promedio a los promedios obtenidos, hasta el momento las tareas ya han tenido 4 mantenimientos y el cuadro 9 nos muestra los gastos en promedio de los mantenimientos de las tareas.

Cuadro 9

Costo promedio de mantenimiento por tipo bus

	KILOMETRAJE	COSTO MANTENIMIENTO	PROMEDIO COSTO
DIESEL	20000	S/796.19	S/2,770.78
	40000	S/1,001.44	
	60000	S/3,472.33	
	80000	S/5,813.16	
GNV	20000	S/703.88	S/5,234.99
	40000	S/2,417.92	
	60000	S/5,362.28	
	80000	S/12,455.88	

Costo promedio de mantenimiento de combustible Diésel y GNV cada 20000 km de recorrido.

Los resultados que se obtienen en el cuadro 9 son las que se van a usar para hallar el costo promedio por kilómetro recorrido de cada tarea ya sea con combustible Diésel o GNV, para ello realizamos las siguientes operaciones: Hacemos una división entre el costo promedio (cuadro 9) y 20000 km y al resultado le multiplicamos el kilometraje programado de cada tarea (según cuadro 8), el procedimiento es igual para las 11 tareas. El cuadro 10 nos muestra el costo de mantenimiento de cada tarea por kilometraje programado.

Cuadro 10

Promedio del costo de mantenimiento por kilometraje programado

TIPO	TAREA	KM PROGRAMADO	COSTO DE MANTENIMIENTO
DIESEL	1	86.72	S/12.01
	2	86.72	S/12.01
	3	86.72	S/12.01
	4	86.72	S/12.01
	5	86.72	S/12.01
	6	86.72	S/12.01
GNV	7	100.74	S/26.37
	8	100.74	S/26.37
	9	114.76	S/30.04
	10	114.76	S/30.04
	11	114.76	S/30.04

Promedio del costo de mantenimiento por kilometraje programado de cada tarea.

Por ejemplo, el kilometraje programado para la tarea 1 es de 86.72 km y por tal motivo es que el costo de mantenimiento es de S/. 12.01, por tanto, concluimos que a mayor kilometraje programado tendremos mayor costo de mantenimiento tal como se puede ver en el cuadro 10.

Una vez definido los costos que están conectados con las tareas, procedemos a sumarlos para obtener el costo total de cada tarea, tal como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11

Costo total diario de cada tarea

TIPO	TAREA	COSTO JORNADA	COSTO DE COMBUSTIBLE	COSTO DE MANTENIMIENTO	COSTO TOTAL
DIESEL	1	S/42.01	S/100.26	S/12.01	S/154.29
	2	S/45.24	S/100.26	S/12.01	S/157.51
	3	S/46.11	S/100.26	S/12.01	S/158.39
	4	S/46.35	S/100.26	S/12.01	S/158.63
	5	S/46.94	S/100.26	S/12.01	S/159.22
	6	S/47.65	S/100.26	S/12.01	S/159.93
GNV	7	S/55.24	S/52.05	S/26.37	S/133.66
	8	S/56.19	S/52.05	S/26.37	S/134.61
	9	S/60.90	S/59.29	S/30.04	S/150.23
	10	S/62.31	S/59.29	S/30.04	S/151.64
	11	S/63.59	S/59.29	S/30.04	S/152.92

Costo total diario de cada tarea con combustible Diésel y/o GNV.

Por ejemplo, la tarea 1 con combustible diésel tiene por día un costo total de S/. 154.29 y la tarea 7 con combustible GNV tiene por día un costo total de S/. 133.66. Para ambos casos el costo total es por día y ya se tiene contemplado los costos totales de las 11 tareas.

iii. Bono de producción.

Es un pago adicional que la empresa realiza a los asignados por haber llegado a una meta de producción por día. El pago es un porcentaje de la producción que realiza el mismo asignado durante el día de trabajo, Por cada meta de producción que alcanza un asignado se tiene un diferente pago de porcentaje, por ello que la empresa creo una jerarquía de metas de cumplimiento donde obviamente a mayor producción mayor porcentaje de pago. A continuación, se tiene el cuadro 12 donde se muestran los intervalos de las metas y los porcentajes de pago del bono de producción.

Cuadro 12

Porcentaje de pago de la producción

META PRODUCCION POR DIA	PORCENTAJE DE PAGO
$500 \leq M < 600$	3.0%
$600 \leq M < 700$	3.5%
$700 \leq M$	4.0%

Porcentaje de pago de la producción según meta cumplida del asignado.

Gracias al lanzamiento de este bono, la producción diaria se incrementó considerablemente tanto así que todos los asignados de la ruta 257 superan los S/. 500 por día, es decir que todos los asignados de la ruta 257 turno am alcanzan la meta más pequeña. Además, se tomó la data de producción de los 11 asignados de los meses de julio y agosto de este año para poder saber cuánta producción realiza un asignado en cada una de las 11 tareas, para esto la empresa cuenta con una plataforma de validador de tarjetas (ACS) y ahí podemos ver la producción detallada diaria de cada asignado y también de cada tarea. Recordar que cada asignado puede realizar cualquier tarea que se tiene programado.

A continuación, presentamos el cuadro 13 donde nos muestra la producción promedio de los meses de julio y agosto de cada asignado realizando cada una de las tareas programadas.

Cuadro 13

Producción diaria de un asignado

		TAREAS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASIGNADO	1	570.0	604.0	590.0	538.0	606.0	540.0	650.0	690.0	690.0	720.0	705.0
	2	510.0	591.0	560.0	600.0	582.0	530.0	680.0	700.0	710.0	712.0	690.0
	3	602.0	581.0	605.0	592.0	600.0	599.0	671.0	669.0	720.0	708.0	702.0
	4	546.0	602.0	555.0	601.0	575.0	582.0	635.0	641.0	695.0	695.0	700.0
	5	559.0	570.0	585.0	603.0	560.0	572.0	642.0	632.0	702.0	704.0	695.0
	6	555.0	545.0	541.0	560.0	601.0	605.0	701.0	625.0	706.0	716.0	704.0
	7	590.0	535.0	598.0	585.0	604.0	601.0	695.0	652.0	715.0	700.0	700.0
	8	541.0	530.0	603.0	597.0	590.0	600.0	702.0	661.0	690.0	695.0	705.0
	9	601.0	566.0	578.0	605.0	580.0	570.0	661.0	677.0	700.0	690.0	700.0
	10	569.0	575.0	546.0	590.0	600.0	601.0	645.0	683.0	704.0	702.0	695.0
	11	580.0	600.0	588.0	581.0	590.0	600.0	680.0	622.0	713.0	706.0	702.0

Producción diaria de un asignado en una tarea aleatoria (en soles).

Por ejemplo, del cuadro 13 podemos decir que el asignado 1 realizando la tarea 1 tiene una producción en promedio de S/. 570 por día y el asignado 11 realizando la tarea 11 tiene una producción promedio de S/. 702 por día y así tenemos el promedio de la producción diaria de cada asignado realizando cada una de las tareas programadas.

También podemos ver en el cuadro 13 el nivel de meta que está alcanzando cada asignado y el porcentaje de pago que va a tener según su producción que hace.

Ahora, realizando la multiplicación entre el porcentaje de pago (ver cuadro 12) en el cuadro 13, obtenemos el monto del bono de producción a pagar por día a cada asignado que realiza cada una de las 11 tareas programadas y haber llegado a alguna de las 3 metas del bono.

El cuadro 14 nos muestra (en soles) los resultados de la multiplicación de producción y porcentaje de cada asignado y cada tarea. Recordar que el monto es el pago por día.

Cuadro 14

Pago bono de producción diario

		TAREAS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASIGNADO	1	17.1	21.1	17.7	16.1	21.2	16.2	22.8	24.2	24.2	28.8	28.2
	2	15.3	17.7	16.8	21.0	17.5	15.9	23.8	28.0	28.4	28.5	24.2
	3	21.1	17.4	21.2	17.8	21.0	18.0	23.5	23.4	28.8	28.3	28.1
	4	16.4	21.1	16.7	21.0	17.3	17.5	22.2	22.4	24.3	24.3	28.0
	5	16.8	17.1	17.6	21.1	16.8	17.2	22.5	22.1	28.1	28.2	24.3
	6	16.7	16.4	16.2	16.8	21.0	21.2	28.0	21.9	28.2	28.6	28.2
	7	17.7	16.1	17.9	17.6	21.1	21.0	24.3	22.8	28.6	28.0	28.0
	8	16.2	15.9	21.1	17.9	17.7	21.0	28.1	23.1	24.2	24.3	28.2
	9	21.0	17.0	17.3	21.2	17.4	17.1	23.1	23.7	28.0	24.2	28.0
	10	17.1	17.3	16.4	17.7	21.0	21.0	22.6	23.9	28.2	28.1	24.3
	11	17.4	21.0	17.6	17.4	17.7	21.0	23.8	21.8	28.5	28.2	28.1

Pago bono de producción diaria a asignados por realizar una tarea aleatoria y haber superado una meta.

Siguiendo el ejemplo del asignado 1 con la tarea 1 que realiza S/. 570 de producción diaria y guiándonos con el cuadro 12, tenemos que esa producción será multiplicada con 3% y el resultado es S/. 17.1 que viene a ser en promedio el pago diario del bono de producción al asignado 1 por realizar la tarea 1. De la misma forma procedemos a realizar el ejercicio de la multiplicación para cada caso de asignación de tareas con asignados obteniendo así los resultados que se muestran en el cuadro 14.

Ya tenemos hallados los siguientes montos por día: costo de asignados, costo de tareas y bono de producción, ahora procedemos a sumar todos los montos obtenidos para que como resultado se pueda tener la matriz de costos. Por ejemplo, el costo total por día para que el asignado 1 realice la tarea 1 sería sumar S/. 23.50 (cuadro 4) con S/. 154.29 (cuadro 11) y con S/. 17.10 (cuadro 14) el cual nos da como resultado S/. 194.89 y por facilidades de trabajo realizamos el redondeo a mas de la cifra obtenida y tenemos como resultado S/. 195.

Cuadro 15

Costo total por día de un asignado i por realizar la tarea j

		TAREAS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASIGNADO	1	195	202	200	198	204	200	180	182	198	204	205
	2	196	202	202	206	204	203	184	189	205	207	204
	3	201	200	205	202	206	203	183	183	204	205	206
	4	194	202	199	203	200	201	179	181	198	199	204
	5	195	198	199	203	200	201	180	180	202	203	201
	6	198	201	201	202	207	208	189	183	205	207	208
	7	200	202	205	205	209	209	186	186	207	208	209
	8	197	200	206	203	204	208	189	185	201	203	208
	9	204	203	204	208	205	206	185	187	207	204	209
	10	198	202	202	203	207	208	183	185	205	207	204
	11	195	202	200	200	201	205	181	180	202	204	205

Costo total por día de un asignado i por realizar una tarea j.

De la misma forma realizamos las sumas respectivas para cada asignado en cada tarea y luego hacemos el redondeo a más de los montos obtenidos para los demás casos y como resultado tenemos el cuadro 15 donde está expresado en soles y viene a ser el costo total diario para que un asignado i, ($i = 1, 2, \dots, 11$) pueda realizar una tarea j, ($j = 1, 2, \dots, 11$), que también se podría llamar con matriz de costos.

Una vez obtenido el costo total diario o matriz de costos (cuadro 15) ahora si procedemos con la aplicación del método húngaro sobre dicha matriz con el fin de hallar una asignación óptima.

5. Aplicación del método húngaro.

Como ya tenemos nuestra matriz de costos (cuadro 15) y deseamos aplicar el método húngaro, entonces realizamos los siguientes pasos: Lo primero que hacemos es obtener el mínimo de cada fila de la matriz de costos, tal como se ve como resultado el cuadro 16, para luego restar a cada elemento de cada fila de la matriz de costos, tal como se ve el cuadro 17.

Cuadro 16

Monto mínimo de cada fila de la matriz de costos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	MINIMO
1	195	202	200	198	204	200	180	182	198	204	205	180
2	196	202	202	206	204	203	184	189	205	207	204	184
3	201	200	205	202	206	203	183	183	204	205	206	183
4	194	202	199	203	200	201	179	181	198	199	204	179
5	195	198	199	203	200	201	180	180	202	203	201	180
6	198	201	201	202	207	208	189	183	205	207	208	183
7	200	202	205	205	209	209	186	186	207	208	209	186
8	197	200	206	203	204	208	189	185	201	203	208	185
9	204	203	204	208	205	206	185	187	207	204	209	185
10	198	202	202	203	207	208	183	185	205	207	204	183
11	195	202	200	200	201	205	181	180	202	204	205	180

Monto mínimo de cada fila de la matriz de costos.

Cuadro 17

Montos restados con el mínimo de cada fila

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	22	20	18	24	20	0	2	18	24	25
2	12	18	18	22	20	19	0	5	21	23	20
3	18	17	22	19	23	20	0	0	21	22	23
4	15	23	20	24	21	22	0	2	19	20	25
5	15	18	19	23	20	21	0	0	22	23	21
6	15	18	18	19	24	25	6	0	22	24	25
7	14	16	19	19	23	23	0	0	21	22	23
8	12	15	21	18	19	23	4	0	16	18	23
9	19	18	19	23	20	21	0	2	22	19	24
10	15	19	19	20	24	25	0	2	22	24	21
11	15	22	20	20	21	25	1	0	22	24	25

Montos restados con el mínimo de cada fila.

Por ejemplo, para la fila 1 el mínimo es de 180 (cuadro 16) y restamos ese monto a todos los elementos de la fila 1, obtenemos los resultados de la resta tal cual nos muestra el cuadro 17 y así es el procedimiento para todas las demás filas.

El siguiente paso es, del cuadro 17 obtenemos el mínimo valor de cada columna tal como se ve en el cuadro 18 para luego proceder a restar a cada elemento de cada columna tal como se ve en el cuadro 19.

Cuadro 18

Monto mínimo de cada columna de la nueva matriz de costos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	22	20	18	24	20	0	2	18	24	25
2	12	18	18	22	20	19	0	5	21	23	20
3	18	17	22	19	23	20	0	0	21	22	23
4	15	23	20	24	21	22	0	2	19	20	25
5	15	18	19	23	20	21	0	0	22	23	21
6	15	18	18	19	24	25	6	0	22	24	25
7	14	16	19	19	23	23	0	0	21	22	23
8	12	15	21	18	19	23	4	0	16	18	23
9	19	18	19	23	20	21	0	2	22	19	24
10	15	19	19	20	24	25	0	2	22	24	21
11	15	22	20	20	21	25	1	0	22	24	25
MIN	12	15	18	18	19	19	0	0	16	18	20

Monto mínimo de cada columna de la nueva matriz de costos.

Cuadro 19

Montos restados con el mínimo de cada columna

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	7	2	0	5	1	0	2	2	6	5
2	0	3	0	4	1	0	0	5	5	5	0
3	6	2	4	1	4	1	0	0	5	4	3
4	3	8	2	6	2	3	0	2	3	2	5
5	3	3	1	5	1	2	0	0	6	5	1
6	3	3	0	1	5	6	6	0	6	6	5
7	2	1	1	1	4	4	0	0	5	4	3
8	0	0	3	0	0	4	4	0	0	0	3
9	7	3	1	5	1	2	0	2	6	1	4
10	3	4	1	2	5	6	0	2	6	6	1
11	3	7	2	2	2	6	1	0	6	6	5

Montos restados con el mínimo de cada columna.

Por ejemplo, para la columna 1 el mínimo es de 12 (cuadro 18) y restamos ese monto a todos los elementos de la columna 1, obtenemos como resultado tal cual nos muestra el cuadro 19 y así es el procedimiento para todas las demás columnas.

Ahora en el cuadro 19 veremos si es posible realizar una asignación óptima entre asignados y tareas, para ello realizamos un nuevo paso: Trazamos la mínima cantidad de líneas para cubrir a todos los ceros que se encuentren en filas y/o columnas y esa cantidad tiene que ser igual al máximo número de tareas. En el cuadro 20 se realizó la cantidad mínima de trazados cubriendo todos los ceros, pero vemos que no se cumple con la igualdad, entonces para estos casos realizamos un nuevo procedimiento a partir del cuadro 20.

Restamos con el valor mínimo no cubierto a todos los valores no cubiertos del cuadro 20 y además sumamos el valor mínimo no cubierto a los valores que se encuentran en las intersecciones de las líneas, permanecen igual los valores cubiertos que no se encuentran en la intersección de líneas. Volvemos a trazar la mínima cantidad de líneas para cubrir ceros y esta vez sí llega a cumplir con la igualdad. En el cuadro 21 podemos observar los resultados de los procesos mencionados.

Cuadro 20

Procedimiento de cubrir ceros con la mínima cantidad de líneas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	7	2	0	5	1	0	2	2	6	5
2	0	3	0	4	1	0	0	5	5	5	0
3	6	2	4	1	4	1	0	0	5	4	3
4	3	8	2	6	2	3	0	2	3	2	5
5	3	3	1	5	1	2	0	0	6	5	1
6	3	3	0	1	5	6	6	0	6	6	5
7	2	1	1	1	4	4	0	0	5	4	3
8	0	0	3	0	0	4	4	0	0	0	3
9	7	3	1	5	1	2	0	2	6	1	4
10	3	4	1	2	5	6	0	2	6	6	1
11	3	7	2	2	2	6	1	0	6	6	5

Procedimiento de cubrir ceros con la mínima cantidad de líneas.

Cuadro 21

Resultado de la resta del mínimo valor no cubierto con los demás valores

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	7	3	0	5	1	1	3	2	6	5
2	0	3	1	4	1	0	1	6	5	5	0
3	5	1	4	0	3	0	0	0	4	3	2
4	2	7	2	5	1	2	0	2	2	1	4
5	2	2	1	4	0	1	0	0	5	4	0
6	2	2	0	0	4	5	6	0	5	5	4
7	1	0	1	0	3	3	0	0	4	3	2
8	0	0	4	0	0	4	5	1	0	0	3
9	6	2	1	4	0	1	0	2	5	0	3
10	2	3	1	1	4	5	0	2	5	5	0
11	2	6	2	1	1	5	1	0	5	5	4

Resultado de la resta del mínimo valor no cubierto con los demás valores.

Del cuadro 21 podemos tener la asignación óptima y para ello procedemos a asignar tareas con asignados de la siguiente manera: Elegimos filas o columnas que tengan un solo cero ya que el cero está asignando a la tarea con el asignado.

- Empezamos con la tarea 9 pues esta tarea tiene un solo cero y lo comparte con el asignado 8, esto quiere decir que el asignado 8 realizara la tarea 9, entonces tachamos al asignado 8 y la tarea 9 (ver cuadro 22).
- Seguimos con la tarea 3 que también tiene un solo cero y lo comparte con el asignado 6, esto quiere decir que la tarea 3 será realizado por el asignado 6. Tachamos la tarea 3 y al asignado 3 (ver cuadro 22).
- Ahora vamos con el asignado 1 que también tiene un solo cero y lo comparte con la tarea 4, entonces el asignado 1 realizara la tarea 4. Tachamos al asignado 1 y la tarea 4 (ver cuadro 22).
- El asignado 4 también tiene un solo cero y lo comparte con la tarea 7, entonces la tarea 7 será realizado por el asignado 4. Tachamos al asignado 4 y la tarea 7 (ver cuadro 22).
- Finalmente, el asignado 11 también tiene un solo cero y lo comparte con la tarea 8, entonces el asignado 11 realizara la tarea 8. Tachamos al asignado 11 y la tarea 8 (ver cuadro 22).

Cuadro 22

Asignación de tareas con asignados por el caso de tener un solo cero

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	7	3	0	5	1	1	3	2	6	5
2	0	3	1	4	1	0	1	6	5	5	0
3	5	1	4	0	3	0	0	0	4	3	2
4	2	7	2	5	1	2	0	2	2	1	4
5	2	2	1	4	0	1	0	0	5	4	0
6	2	2	0	0	4	5	5	0	5	5	4
7	1	0	1	0	3	3	0	0	4	3	2
8	0	0	4	0	0	4	5	1	0	0	3
9	6	2	1	4	0	1	0	2	5	0	3
10	2	3	1	1	4	5	0	2	5	5	0
11	2	6	4	1	1	5	1	0	5	5	4

Asignación de tareas con asignados por el caso de tener un solo cero entre sus filas o columnas.

Ahora solo nos estaría faltando asignar las tareas 1, 2, 5, 6, 10 y 11. Y los asignados 2, 3, 5, 7, 9 y 10. En el figura 1 se puede observar mejor las tareas y asignados que nos faltan por asignar.

Figura 1

Asignados y tareas que aún faltan por tener una asignación

	1	2		5	6		10	11
	0	3		1	0		5	0
2	5	1		3	0		3	2
5	2	2		0	1		4	0
7	1	0		3	3		3	2
9	6	2		0	1		0	3
10	2	3		4	5		5	0

Asignados y tareas que aún faltan por tener una asignación.

Seguimos en la figura 1 con las asignaciones de tareas:

- La tarea 10 tiene un solo cero y lo comparte con el asignado 9, entonces el asignado 9 realizara la tarea 10. Tachamos al asignado 9 y la tarea 10 (ver figura 2).
- La tarea 2 tiene un solo cero y lo comparte con el asignado 7, entonces el asignado 7 realizara la tarea 2. Tachamos al asignado 7 y la tarea 2 (ver figura 2).
- La tarea 1 tiene un solo cero y lo comparte con el asignado 2, entonces la tarea 1 será realizado por el asignado 2. Tachamos al asignado 2 y la tarea 1 (ver figura 2).
- El asignado 3 tiene un solo cero y lo comparte con la tarea 6, entonces el asignado 3 realizara la tarea 6. Tachamos al asignado 3 y la tarea 6 (ver figura 2).

En la figura 2 vemos los trazados que se hicieron de los 4 casos explicados.

Figura 2

Asignación de tareas con el resto de tareas y asignación que tienen un solo cero

	1	2		5	6		10	11
2	0	3		1	0		5	0
3	3	1		3	0		3	2
5	2	2		0	1		4	0
7	1	0		3	3		3	2
9	6	2		0	1		0	3
10	2	3		4	5		5	0

C

Asignación de tareas con el resto de tareas y asignados que tienen un solo cero.

De acuerdo a la figura 2, solo nos estaría faltando por asignar las tareas 5 y 11, Y los asignados 5 y 10.

En la figura 3 se puede observar mejor lo que nos falta por asignar.

Figura 3

Asignados y tareas que aún falta tener una asignación

	5	11
5	0	0
10	4	0

Asignados y tareas que aún falta tener una asignación.

En la figura 3 podemos ver que el asignado 10 tiene un solo cero y lo comparte con la tarea 11, por lo tanto, la tarea 11 será realizado por el asignado 10 y finalmente por ser el último conjunto, la tarea 5 será realizado por el asignado 5.

Por lo tanto, la asignación óptima quedaría realizada de la siguiente manera: El asignado 1 realizara la tarea 4, el asignado 2 realizara la tarea 1, el asignado 3 realizara la tarea 6, el asignado 4 realizara la tarea 7, el asignado 5 realizara la

tarea 5, el asignado 6 realizará la tarea 3, el asignado 7 realizará la tarea 2, el asignado 8 realizará la tarea 9, el asignado 9 realizará la tarea 10, el asignado 10 realizará la tarea 11 y finalmente el asignado 11 la tarea 8. A continuación mostramos en forma resumida la asignación óptima que se obtuvo.

Cuadro 23

Asignación óptima aplicando método húngaro

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
T4	T1	T6	T7	T5	T3	T2	T9	T10	T11	T8

6. Resultados de la aplicación.

Ahora procedemos a reemplazar los costos de cada asignación para luego sumarlos y así obtener el costo total de la asignación óptima, entonces para esto nos guiamos del cuadro 15 pues ahí encontramos los costos totales de cada caso de asignación de tareas con asignados.

A continuación, presentamos el cuadro 24, donde tenemos una asignación óptima ya definida entre tarea y asignado, costo por día de cada asignación y el costo total por día de la asignación óptima.

Cuadro 24

Costo total de la asignación óptima aplicando el método húngaro

ASIGNADO	TAREA	COSTO
1	4	S/198.0
2	1	S/196.0
3	6	S/203.0
4	7	S/179.0
5	5	S/200.0
6	3	S/201.0
7	2	S/202.0
8	9	S/201.0
9	10	S/204.0
10	11	S/204.0
11	8	S/180.0
COSTO TOTAL OPTIMO		S/2,168.0

Costo total de la asignación óptima aplicando el método húngaro.

Entonces según el cuadro 24 tenemos que el costo total diario de la asignación óptima hallado usando el método húngaro, es de S/. 2168.

IV.CONCLUSIONES.

1. Justificación.

Ahora necesitamos realizar una comparación de costos de asignación antes y después de haber usado el método húngaro, para ello vamos a poner como ejemplo una asignación o programación que ya se tenía realizado y veremos si los costos de esta asignación son menores, mayores o iguales al costo de la asignación óptima.

A continuación, presentamos una asignación común de tareas y asignados que la empresa estuvo manejando con fines prácticos de operatividad y sin tener contemplado los costos de tareas y asignados:

Cuadro 25

Asignación común que maneja la empresa

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11

Donde el asignado 1 realiza la tarea 1, el asignado 2 realiza la tarea 2 y así sucesivamente, entonces como ya tenemos nuestra matriz de costos (ver cuadro 15) vamos a ver cuánto es el costo total diario de esta asignación común. En el cuadro 26 tenemos la asignación, costo diario de cada asignación en base al cuadro 15 y costo total diario de toda la asignación.

Cuadro 26

Costo total diario de la asignación común que maneja la empresa

ASIGNADO	TAREA	COSTO
1	1	S/195.0
2	2	S/202.0
3	3	S/205.0
4	4	S/203.0
5	5	S/200.0
6	6	S/208.0
7	7	S/186.0
8	8	S/185.0
9	9	S/207.0
10	10	S/207.0
11	11	S/205.0
COSTO TOTAL		S/2,203.0

Costo total diario de la asignación común que maneja la empresa.

Entonces vemos que el costo total por día de la asignación mencionada es de S/. 2203.0 que viene a ser mayor que el costo total diario de la asignación óptima (cuadro 24). Con los valores monetarios obtenidos en ambos casos podemos comparar y concluir diciendo lo siguiente: Si tomamos en cuenta la asignación

óptima encontrada utilizando el método húngaro entonces por día estaríamos minimizando los costos de asignación en S/. 35, en una semana estaríamos minimizando costos en S/. 210.0, en un mes estaríamos minimizando costos en S/. 840 soles y en un año se estaría minimizando costos en S/. 10080.0.

Recordar que esta minimización de costos de asignación solo se está dando por ahora en la ruta 257 turno mañana y lo más probable es que en el turno tarde tenga un monto similar de minimización de costos de asignación ya que el comportamiento operacional es parecido al de la mañana y si llegamos a aplicar este procedimiento en todas las demás rutas del corredor rojo pues entonces la minimización de costos de asignación sería un monto mucho más alto.

2. Metodología Aplicada.

La metodología que se aplicó en esta actividad fue la metodología cuantitativa no experimental ya que nos hemos tenido que valer de datos cuantificables (cantidad) y realizar el uso de la estadística, por ejemplo, en la aplicación del promedio en la data de los diversos costos de tareas y asignados y también en la aplicación del percentil para obtener los tiempos de trabajo de las tareas.

Además de ello para la obtención de la data con las que hemos trabajado no ha sido necesario realizar algún experimento de costos o de tiempos si no que ya se tenían ejecutadas y por ende se obtuvieron los datos en el comportamiento de su estado natural.

3. Descripción de la implementación.

Como ya se mencionó en anteriores capítulos, en la ruta 257 los tiempos de trabajo de cada tarea ya son fijos pues ya se tienen establecido su hora de inicio, su hora fin, kilómetro recorrido y cantidad de vueltas. Lo que no está fijo es la asignación de tareas con asignados ya que el comportamiento de la operación de esta ruta es de la siguiente manera: todos los asignados de la ruta 257 de turno mañana pueden ingresar a laborar de 4:50 a 6 am. Entonces el primer asignado en llegar a patio pinor realiza la tarea 1 y así sucesivamente hasta que el último asignado ingrese a patio para realizar la tarea 11.

Ahora, en esta actividad hemos mapeado a todos los costos que tienen las tareas y asignados para tener nuestra matriz de costos y ahí poder aplicar el método húngaro con el fin de obtener una asignación óptima en base a la reducción de costos, pero para dar uso a la asignación óptima necesitamos que se cumplan una serie de propuestas por parte nuestra y que a continuación detallaremos:

- Los buses con combustible diésel tienen que ser fijados en las tareas del 1 al 6 y los buses con combustible GNV en las tareas del 7 al 11, tal cual se muestra en el cuadro 6. Esta propuesta lo hacemos porque hemos visto en más de una ocasión que no se llegaban a cumplir por facilidades de operatividad.
- Cada asignado de la ruta 257 del turno mañana debe de tener fijo una hora de ingreso de lunes a sábado y eso tiene que ser en base a la tarea que le fue asignado en la asignación óptima.

- Cada tarea de la ruta 257 debe ser realizado de lunes a sábado por el asignado que le tocó hacer en base a la solución de la asignación óptima.

Entonces cumpliendo con las propuestas o mejor dicho con las restricciones mencionadas, se podrá ejecutar la asignación óptima.

V. RECOMENDACIONES.

Basándonos en los estudios realizados en la empresa sobre la asignación de tareas y asignados, la primera recomendación sería que se llegue a cumplir la operación de la ruta 257 con las restricciones que se propusieron en el capítulo de descripción de la implementación ya que cumplir con ellos no genera ningún costo adicional.

La segunda recomendación sería que si necesitamos reducir los costos de operatividad de tareas y asignados entonces nos vemos obligados a ejecutar la asignación óptima que se obtuvo en este estudio. Con esto no vamos a incrementar ni disminuir de producción diaria de la ruta 257 pero si vamos a incrementar la utilidad.

Se recomienda también a comenzar a ejecutar este procedimiento en las demás rutas de la empresa ya que con ello tendríamos una mayor reducción de costos totales de asignación de tareas (buses) y asignados (conductores).

Por último, si por algún motivo no se llega a ejecutar la asignación óptima entonces la propuesta en este caso sería comenzar a ejecutar una asignación de tareas y asignados basándose en sus costos.

VI.BIBLIOGRAFIA.

- Carro, R. (2009). INVESTIGACION DE OPERACIONES EN ADMINISTRACION. En R. Carro, *INVESTIGACION DE OPERACIONES EN ADMINISTRACION* (págs. 227-238). Mar Del Plata: Editorial PINCU.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. (2010). Introduccion a la INVESTIGACION DE OPERACIONES. En F. S. Hillier, & G. J. Lieberman, *Introduccion a la INVESTIGACION DE OPERACIONES* (págs. 283-320). Mexico: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Taha, H. A. (2012). INVESTIGACION DE OPERACIONES. En H. A. Taha, *INVESTIGACION DE OPERACIONES* (págs. 175-206). Mexico: Pearson Educacion.