Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Aplicación de la programación lineal para minimizar costos de traslados en una empresa de repuestos

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Vanessa Elena CHUCAS MUÑOZ

ASESOR

Carlos Enrique CALDERÓN RODRÍGUEZ

Lima, Perú

2022



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

Chucas, V. (2022). *Aplicación de la programación lineal para minimizar costos de traslados en una empresa de repuestos*. [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	Vanessa Elena Chucas Muñoz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73935300
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Enrique Calderón Rodríguez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09910975
URL de ORCID	0000-0003-1201-7160
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06554824
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Flor Cagniy Cárdenas Mariño
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	45422233
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.1. Optimización Matemática

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	Julio 2022
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

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 2022-I)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 08:01 horas del día sábado 23 de julio del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional:

Mg. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros	(Presidente)
Mg. Flor Cagniy Cárdenas Mariño	(Miembro)
Lic. Carlos Enrique Calderón Rodríguez	(Miembro-Asesor)

Para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MINIMIZAR COSTOS DE TRASLADOS EN UNA EMPRESA DE REPUESTOS, presentada por la señorita Bachiller Chucas Muñoz, Vanessa Elena, para obtener el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, el Presidente invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, la expositora mereció la aprobación ***Bueno*** con un calificativo promedio de dieciséis (16).

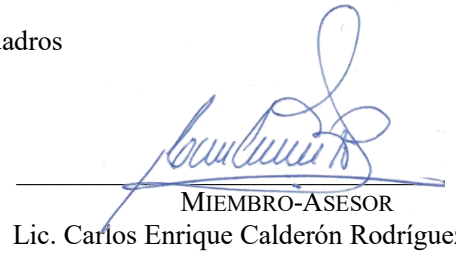
A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que la participante señorita Bachiller Chucas Muñoz, Vanessa Elena, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.
Siendo las 08:30 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.



PRESIDENTE
Mg. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros



MIEMBRO
Mg. Flor Cagniy Cárdenas Mariño



MIEMBRO-ASESOR
Lic. Carlos Enrique Calderón Rodríguez

Firmado digitalmente por
VELASQUEZ PINO Carmela Catalina
FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2022 23:15:32 -05:00

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Dr. Paulo Cesar Olivares Taipe
2. Documento evaluado:
   Aplicación de la Programación Lineal para minimizar costos de traslados en una empresa de repuestos
3. Autor de la tesis: Vanessa Elena CHUCAS MUÑOZ
4. Fecha de recepción de la tesis: 27/11
5. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 29/11
   - Software utilizado: Turnitin
6. Configuración del programa detector de similitudes:
   - Excluye textos entrecomillados
   - Excluye bibliografía
   - Excluye cadenas menores a 40 palabras
7. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes:
8. Fuentes originales de las similitudes encontradas: 6%
   Fuentes de internet: 4%
   Publicaciones: 4%
9. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones

Lima, 29 de noviembre 2022

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

A mi esfuerzo por qué sé que todo se puede lograr en la vida.

RESUMEN

APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MINIMIZAR COSTOS DE TRASLADOS EN UNA EMPRESA DE REPUESTOS

Vanessa Elena Chucas Muñoz

Julio 2022

Título obtenido: Licenciada en Investigación Operativa

El objetivo general de la investigación es minimizar los costos de transporte de mangueras armadas mediante la aplicación de la programación lineal, con el fin de generar una distribución óptima de traslado a nivel nacional entre los talleres y las sucursales. Se ha recolectado la información mediante un censo dónde se ha determinado la cantidad demandada por cada sucursal y la cantidad de oferta de cada taller. Luego de la recopilación, organización y preparación de la información se procedió a aplicar el método de programación lineal; se utilizó el software LINGO en donde se realizó la programación y la corrida, teniendo como resultado la cantidad en toneladas a entregar y recibir en todas las sedes de la empresa en territorio peruano. Se concluye que el método de programación lineal si aporta a reducir los costos de traslado de mangueras armadas, generando una mayor rentabilidad a la empresa de repuestos.

.

Palabras claves: Programación lineal, Minimizar, oferta, demanda, Repuestos

ABSTRACT

LINEAR PROGRAMMING APPLICATION TO MINIMIZE TRANSFER COSTS IN A SPARE PARTS COMPANY

Vanessa Elena Chucas Muñoz

July 2022

Obtained title: Licenciada en Investigación Operativa

The general objective of the research is to minimize the transport costs of armed hoses through the application of linear programming, in order to generate an optimal distribution of transport at the national level between workshops and branches. The information has been collected through a census where the quantity demanded by each branch and the quantity offered by each workshop have been determined. After collecting, organizing and preparing the information, the linear programming method was applied; The LINGO software was used where the programming and the run were carried out, resulting in the quantity in tons to be delivered and received in all the company's headquarters in Peruvian territory. It is concluded that the linear programming method does contribute to minimizing the transportation costs of armed hoses, generating greater profitability for the spare parts company.

Keywords: Linear programming, Minimize, supply, demand, Spare parts.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO II – INFORMACIÓN DONDE SE DESARROLLA LA ACTIVIDAD..... 3

2.1. Introducción donde se desarrolló la actividad 3

2.1.1. Organigrama 4

2.2. Finalidad y objetivos de la entidad 4

2.2.1. Misión 4

2.2.2. Visión 5

2.3. Razón social 5

2.4. Dirección postal 5

2.5. Correo electrónico del profesional a cargo 5

CAPÍTULO III – DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 6

3.1. Organización de la actividad 6

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad 6

3.3. Problemática 6

3.3.1. Problema general 7

3.3.2.ProblemasEspecíficos 7

3.3.3. Objetivo principal 7

3.3.4. Objetivos específicos 8

3.4. Metodología y Procedimiento 8

3.4.1. Programación Lineal: 8

3.4.5. Bases Conceptuales 10

3.4.2. Método de la investigación 11

3.4.3. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de la información. 11

3.4.4. Resultados de la Actividad 26

CAPITULO IV - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34

CONCLUSIONES 34

RECOMENDACIONES 34

CAPITULO V - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35

APÉNDICE 36

Apéndice A: 36

Apéndice B: 37

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN

Actualmente el transporte es un tema clave porque habilita a las economías de todo el mundo a llegar a ser más competitivas. “La infraestructura de transporte sirve de nexo entre las personas y el empleo, la educación y los servicios de salud” según Banco Mundial, (2017). Con el aumento de la población también aumentan las necesidades las cuales deben ser entregadas en el tiempo acordado.

La industria de transporte cada año traslada millones de dólares de mercancías a nivel mundial, dado que la cadena de suministro cada vez está más interconectada. según UNCTAD, (2015) “En el año 2015, el comercio mundial de mercancías se valoró en 16 trillones de USD”.

El Perú es un país en pleno desarrollo en cuanto a la cadena de suministro, trabaja 24 horas los 350 días, entonces no se puede dejar de atender o que se esperen horas porque se elevarían los costos y se generarían colas; es por ello que, en una economía como es la peruana, mejorar la eficiencia de la logística de aprovisionamiento es primordial en la medida que el país se esfuerce y se trace como meta ser más competitivo en los mercados internos e internacionales. En el Perú se ha elevado ese punto con mucha determinación. Sin embargo, más allá de los recientes esfuerzos públicos y privados para mejorar la infraestructura y la provisión de servicios del transporte y logística, el sello de acuerdos del comercio y el altísimo perfil del tema logístico es la agenda latente de año tras año.

Para solucionar problemas de transporte en muchas empresas se utiliza la programación lineal, ya que nos ayuda a administrar de manera eficiente un bien o servicio aplicado al traslado con variables y bajo ciertas restricciones.

Anteriores estudios han demostrado que la programación lineal nos permite solucionar un problema de traslado tal como lo indica Bryan Salazar López (2019) “Los principales objetivos de un modelo de transporte son la satisfacción de todos los requerimientos establecidos por los destinos”.

La empresa de repuestos obtendrá un adecuado reparto con la aplicación de la programación lineal basado en optimizar las distribuciones de las mangueras armadas de los talleres a cada sucursal, lo que conllevará a minimizar costos.

El resultado obtenido fue una repartición óptima a mínimo costo.

La organización de la tesis:

En el capítulo 1, se realiza la introducción donde se detalla agroso modo los puntos tratados.

En el capítulo 2, se detalla donde se realiza la actividad en desarrollo,

En el capítulo 3, se describen los objetivos generales y específicos, además se presenta el método a utilizar en la solución del problema en donde se realiza el diseño de la muestra. También se describen las actividades, las técnicas de recolección de datos, se detallan las variables y las técnicas estadísticas para el procesamiento de la información y por último los resultados obtenidos.

En el capítulo 4; se presentan las conclusiones y las recomendaciones del trabajo.

Y finalmente en el capítulo 5; se presenta las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO II – INFORMACIÓN DONDE SE DESARROLLA LA ACTIVIDAD

2.1. Introducción donde se desarrolló la actividad

La empresa donde se desarrolló el estudio cuenta con tres sectores, el primer sector es la venta de maquinaria pesada, repuestos y merchandising; el segundo sector es la atención de servicios de mantenimiento a su marca y distintas marcas de máquinas; y el último y tercer sector es la venta y alquiler de equipos seminuevos y usados. Considerando a Caterpillar como su marca principal en ventas.

Existen cuatro unidades de negocio en el territorio nacional, las cuales se dividen en Gran minería, cuentas nacionales, cuentas regionales y energía. Estás divisiones se realizan según el rubro del cliente. Existen diferentes descuentos según la división.

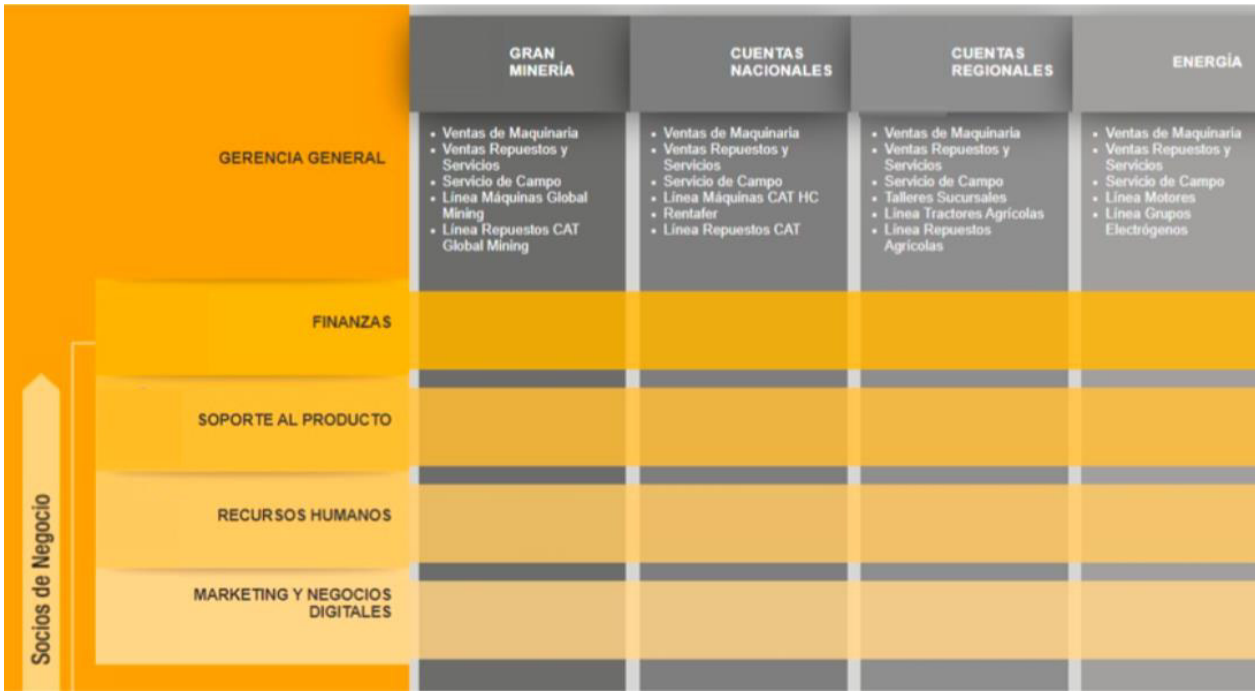
Esta organización cuenta con 33 sucursales con almacén propio en el Perú. Además, tienen tres fuentes de aprovisionamiento que son aéreo, terrestre y marítimo.

Existe tres tipos de atenciones, ecommerce, tiendas físicas y llamadas en este último caso cuando son clientes de cartera.

Sus clientes principales son las minas a nivel nacional, entre ellas tienen atenciones por usufructo y consignación. Además, dentro de sus clientes potenciales también se encuentran los negocios de agricultura, construcción, madera y energía.

Es una empresa líder en la marca CAT donde todos los canales funcionan de manera inmediata con tiempos de atención menores al promedio.

2.1.1. Organigrama



2.2. Finalidad y objetivos de la entidad

La finalidad y los objetivos de la empresa son:

- Impulsar a las personas para mejorar y construir un mundo mejor.
- Ser líder en la marca; con una misión de un servicio rápido y verídico al Perú.

2.2.1. Misión

La misión de la empresa es:

Proveer las mejores soluciones al cliente, facilitando lo que necesita en bienes de capital y servicios; asimismo crear valor en los mercados que se participa. Nuestras marcas son reconocidas por su calidad y durabilidad. Aspiramos a ser la primera opción y referencia para todos los clientes.

2.2.2. Visión

Según la organización en estudio su visión es:

Fortalecer el liderazgo siendo reconocidos por sus clientes y proveedores como la mejor opción, de manera que se pueda llegar alcanzar las metas de crecimiento que se proponen.

2.3. Razón social

Por cuestiones de confidencialidad no se puede completar esta información, pero se da fe que los datos son fidedignos.

2.4. Dirección postal

2.5. Correo electrónico del profesional a cargo

CAPÍTULO III – DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1. Organización de la actividad

La empresa en estudio se dedica a la venta, mantenimiento y alquileres de repuestos y maquinaria pesada. Inicia sus operaciones en 1944 como una empresa especializada en repuestos CAT y desde ahí ha ido creciendo generosamente en el país, tiene actualmente 33 sucursales y 9 talleres. Se coloca en una de las mejores empresas del país y se enfoca en seguir creciendo.

El core del negocio es la venta de repuestos a nivel nacional y sus ventas se diversifican en cuatro unidades de negocio, Gran minería se encarga de la atención de todos los clientes mineros, cuentas nacionales todos los clientes únicamente con dirección Lima, cuentas regionales todos los clientes de los distintos departamentos y Energía que son las ventas de repuestos no Caterpillar.

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad

- Detallar las cantidades aproximadas de envío de las mangueras armadas de cada taller a las respectivas minas.
- Tener mayor rentabilidad.
- Establecer como procedimiento la programación lineal.

3.3. Problemática

Ramos J. (2019) “El sector logístico peruano mueve alrededor de 1,600 millones de soles al año y en él participan alrededor de 800 empresas”

En la empresa existen talleres de armado de mangueras y también existen oficinas de atención al cliente. De todos los talleres se trasladan a todas las sucursales del país mangueras armadas según el requerimiento mensual de cada sucursal. Actualmente los talleres reciben lista de necesidades de cualquier sucursal del Perú, algunas veces

reciben muchas órdenes a tal punto que se encuentran fuera de su alcance de producción, en el primer caso realizan un excesivo gasto en el flete porque envían pequeñas cantidades a varias sucursales, pudiendo enviar de un solo taller a ciertas sucursales. En el segundo caso si el taller no puede abastecer se lo transfieren a otro taller para abastecer y así cumplir con el requerimiento de la sucursal para la atención al cliente. En ambos casos no cuenta con una distribución ni ruta optima adecuada para el abastecimiento de la manguera armada; por la tanto genera un excesivo gasto en el costo del flete. Lo que se requiere es minimizar los costos de flete y seguir cumpliendo con los requerimientos de las sucursales en las fechas propuestas para la atención al cliente. Para ello se aplicará el método de programación lineal que ayudará a generar una distribución optima de cada taller a las sucursales bajo ciertas condiciones. Esto beneficiaría a la empresa y al área de logística que es el encargado de todo el proceso de transporte, además el área de finanzas se vería be1neficiado dado que se reflejaría mayor monto en la rentabilidad.

3.3.1. Problema general

¿De qué manera el método de la programación lineal aplicado a traslados de manguera armada en una empresa de repuestos influye en la minimización costos?

3.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los datos de entrada (costos, capacidad, demanda) que servirán de insumo al modelo de programación lineal?
- ¿Cómo formular un modelo de programación lineal que permita minimizar los costos de transporte en la empresa de repuestos?
- ¿Cómo solucionar el modelo de programación lineal formulado y obtener la solución óptima que permita saber cómo transportar las mangueras desde los almacenes hacia las sucursales, al menor costo? ‘

3.3.3. Objetivo principal

Minimizar costos de transporte de mangueras armadas mediante la aplicación de la programación lineal en una empresa de repuestos.

3.3.4. Objetivos específicos

• Estandarizar los datos de entrada (costos, capacidad, demanda) que servirán de insumo al modelo de programación lineal.

• Formular un modelo de programación lineal que permita minimizar los costos de transporte en la empresa de repuestos.

• Solucionar el modelo de programación lineal formulado y obtener la solución óptima que permita saber cómo transportar las mangueras desde los almacenes hacia las sucursales, al menor costo.

3.4. Metodología y Procedimiento

3.4.1. Programación Lineal:

La programación lineal hace referencia a varias técnicas matemáticas usadas para la asignación óptima de recursos limitados a distintas demandas que compiten por ellas. (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

Para otros autores, la programación lineal es una técnica de optimización que busca maximizar o minimizar una función lineal, llamada función objetivo, sujeta a restricciones también lineales. (Álvarez, 2005)

- **Aplicaciones de la Programación lineal:**
  - ✓ Planeación de operaciones y ventas agregadas: Busca una solución óptima para encontrar el costo mínimo.
  - ✓ Análisis de productividad: se considera el bien o servicio que se va a producir, se sugiere aplicar el enfoque de análisis envolvente de datos.
  - ✓ Planeación de Productos: Hallar la correcta distribución de los recursos para la elaboración del producto.

- ✓ Rutas de Productos: Diseñar el camino óptimo para la secuencia de un producto, se tiene en cuenta los recursos.
- ✓ Programación de Cuadrillas: Diseñar una ruta óptima para el transporte de bienes.
- ✓ Control de Proceso: Minimiza los desechos que se han generado en el proceso productivo.
- ✓ Control de Inventario: Determinar la capacidad óptima que debe tener un almacén.
- ✓ Programación de la Distribución: Diseñar la ruta óptima de distribución de transportar los bienes.
- ✓ Estudios para ubicar la pla<nta: Definir un lugar estratégico, teniendo en cuenta los costos de suministros, demanda y embarque.
- ✓ Manejo de Materiales: Definir los puntos estratégicos para minimizar los costos de materia prima.

- **Problema de Programación Lineal**

  Variable: Puede Variar

  Función Objetivo: es una función lineal que ayuda optimizar, puede ser minimizar o maximizar según sea el caso.

  ✓

MAX O MIN FUNCIÓN OBJETIVO:

-> Z= C1X1+C2X2+… CnXn

Esta ecuación representa la suma de los costos totales de flete, de cada sucursal a cada taller. Tenemos que C1X1 es el costo de transporte del taller uno a la sucursal 1 y así sucesivamente.

- ✓ Restricciones

  XC1D1 + XC1D2 + XC1D3 + XC1D4 <= B1

XC1D1 + XC2D1 + XC3D1 + XC1D2 +….+ XC3D4 <= B2

Restricciones de la Demanda: Representa la suma de traslado que han recorrido hasta la sucursal D4 desde los talleres C1, C2, .., C4.

Restricciones de la Oferta: Representa la suma de traslado del talleres C1 hasta las sucursales D1, D2,…, D4

3.4.5. Bases Conceptuales

Red de Distribución:

La red de distribución conecta y transporte un bien desde un punto inicial hasta un punto final, punto de destino.

Transporte

"Vehículo o medio que se usa para trasladar personas o cosas de un lugar a otro" según RAE (s/f).

Traslado

"Acción de trasladar o trasladarse de lugar", según RAE (s/f).

Repuestos

"Es una pieza de un mecanismo o aparato que es igual a otra y puede sustituirla en caso de necesidad", según RAE (s/f).

Mangueras armadas

Es un repuesto que se constituye de otras piezas de repuestos. Este repuesto se ensambla de varias piezas y luego se usa en el mantenimiento de las maquinarias pesadas.

Costo

Es una inversión que realiza la empresa para trasladar producto de un lugar a otro. Este costo es recuperado en el momento que la empresa vende el producto, una ganancia en caso contrario genera perdida.

3.4.2. Método de la investigación

Método

Para realizar el estudio se elaboró un plan de trabajo con las siguientes etapas

Recolección de datos.

Análisis y organización de los datos.

Se programó en el software LINGO.

Se obtuvo los resultados finales

Diseño metodológico

- ✓ **Tipo de Investigación:** El presente trabajo es aplicado desde el criterio del tema de investigación porque hace uso de algoritmos que ya existen y han sido probados en otras investigaciones.
- ✓ **Nivel de la Investigación:** Esta investigación se considera explicativa, debido a su propósito, como consecuencia que se establece la variable de aplicación de la programación lineal, para minimizar los costos de traslado.

Población y Muestra

Población: Está representada por todos los órdenes de compra de las sucursales de la empresa dentro del país.

Tamaño de Muestra: CENSO del 2018-2019, porque se sacará una lista oficial de todas las órdenes de compra de armado de manguera de las sucursales de la empresa de repuesto a nivel nacional.

3.4.3. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de la información.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se usó la estadística descriptiva que permite organizar y presentar un conjunto de datos de manera que describan en forma precisa las variables analizadas haciendo rápida su lectura e interpretación, para su desarrollo se usará Microsoft Office Excel. Los estadísticos utilizados son las siguientes:

- ✓ **Histograma**: "Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión" como lo menciona Gutiérrez (como lo cito Ávila, 2006). Esta grafica se usará para representar los resultados de la demanda de cada sucursal.
- ✓ **Diagramas circulares**: "También llamado gráfica circular, gráfica de pastel o diagrama de sectores sirve para representar variables cualitativas o discretas. Se utiliza para representar la proporción de elementos de cada uno de los valores de la variable". (Anónimo, 2020). Esta grafica se usará para representar los resultados de la oferta de los talleres.
- ✓ **Distribución de frecuencias**:

> Comúnmente llamada tabla de frecuencias se utiliza para hacer la presentación de datos provenientes de las observaciones realizadas en el estudio, estableciendo un orden mediante la división en clases y registro de la cantidad de observaciones correspondientes a cada clase. Lo anterior facilita la realización de un mejor análisis e interpretación de las características que describen y que no son evidentes en el conjunto de datos brutos o sin procesar. Una distribución de frecuencias constituye una tabla en el ámbito de investigación. (Ávila Baray, 2006, pág. 101).

Esta tabla se usará para representar el volumen de envío de cada taller a la sucursal.

Recolección de la Información

Para la recolección de la información se descargó un reporte de ventas de los años 2017 al 2019, en este reporte se encuentra todas las órdenes de compra generadas por cada sucursal para el requerimiento de una manguera armada, también podemos encontrar cuanto fue la entrega de cada taller a la sucursal.

Procedimiento

Paso 1: Descargar un reporte de los años 2017 al 2019 de todas las órdenes de compra emitidas.

Paso 2: Filtrar todas las órdenes de compra que tienen cómo repuestos a las mangueras.

Paso 3: Filtrar todas las mangueras que han repuesto por transferencias de los talleres.

Paso 4: Filtrar todas las mangueas adquiridas por cada sucursal de una transferencia de taller.

Finalmente tenemos data limpia con todos los pedidos que se han realizado cada mes por dos años (2018-2019) y se procede con el método

Variable de Decisión

Xij= cantidad de mangueras armadas enviadas del taller i a la sucursal j.

i= 1, 2, 3…9

j= 1, 2, 3…33

Función Objetivo

MIN $\sum CijXij$

Cij = costo del flete del taller i a la sucursal j.

Restricciones

Sujeto a

$\sum_{j=1}^{33} Xij$ **<= Oi** ∀ i= 1, 2, 3…9

$\sum_{i=1}^{9} Xij$ **= Dj** ∀ j= 1, 2, 3…33

$Xij \geq 0$

Oi= capacidad del taller

Dj= Cantidad demanda de cada sucursal

Tabla 1. Toneladas transportadas mensuales para las sucursales CDR, Industrial, Usufructo Sider Perú, Piura, Oficina Tumbres, Lambayeque y Cajamarca.

	CDR	Industrial	Usufructo Síder Perú	Piura	Oficina Tumbes	Lambayeque	Cajamarca
ENERO	1520	600	400	1400	700	1400	1400
FEBRERO	1600	630	500	1500	800	1500	1500
MARZO	2000	600	500	1900	900	1800	2000
ABRIL	1600	500	400	1600	700	1400	1500
DICIEMBRE	2100	500	400	1400	700	1400	1400
JUNIO	1620	520	450	1800	750	1420	1700
DICIEMBRE	2100	520	410	1420	720	1440	1420
AGOSTO	1500	500	400	1400	700	1600	1400
AGOSTO	1600	550	400	1400	720	1610	1420
NOVIEMBRE	2080	600	500	2000	1000	1700	2000
NOVIEMBRE	2080	600	500	2000	980	1750	1950
JULIO	1700	600	400	1500	800	1600	1500
ENERO	1520	590	420	1450	710	1450	1420
FEBRERO	1600	600	490	1520	820	1520	1520
MARZO	2000	500	450	1920	920	1800	1950
ABRIL	1520	520	400	1620	700	1400	1520
JULIO	1700	590	420	1550	810	1650	1550
JUNIO	1620	500	420	1840	750	1400	1750
MAYO	1620	500	500	1900	1000	1900	1900
OCTUBRE	1600	580	480	1800	1000	1400	1800
OCTUBRE	1500	550	470	1780	980	1400	1750
SETIEMBRE	1600	500	400	1900	700	2000	1700
SETIEMBRE	1600	500	400	1900	700	2000	1710
MAYO	1620	510	490	1850	950	1890	1920

Tabla 1. Toneladas transportadas mensuales para las sucursales

	Chimbote	Huaraz	Trujillo	Cerro Pasco	Huancayo	Ayacucho	Ica
ENERO	600	600	700	1000	1400	700	700
FEBRERO	700	600	900	1600	1600	800	900
MARZO	800	700	800	1600	1800	990	900
ABRIL	700	750	800	1120	1600	900	800
DICIEMBRE	600	600	700	1000	1400	700	700
JUNIO	700	720	800	1200	1500	800	750
DICIEMBRE	620	600	720	1100	1420	720	780
AGOSTO	600	600	700	2000	1400	700	700
AGOSTO	600	610	710	1990	1420	710	720
NOVIEMBRE	700	620	800	1800	2000	750	800
NOVIEMBRE	700	630	820	1760	1990	760	800
JULIO	800	700	800	1300	1400	900	800
ENERO	600	680	710	1100	1420	720	700
FEBRERO	720	610	920	1630	1630	800	920
MARZO	750	720	850	1620	1850	1000	850
ABRIL	700	720	820	1100	1620	920	860
JULIO	850	710	850	1300	1450	920	810
JUNIO	700	750	800	1200	1550	850	750
MAYO	600	650	900	1450	1900	800	900
OCTUBRE	700	700	900	1600	1800	800	850
OCTUBRE	700	710	910	1650	1750	810	840
SETIEMBRE	800	800	1000	1000	1500	1000	900
SETIEMBRE	790	790	990	1100	1510	990	910
MAYO	610	600	920	1400	1920	850	900

	Arequipa	Juliaca	Cusco	Yanacocha	Toromocho	Antamina	Southern Toquepala
ENERO	1500	700	1400	2800	2800	2500	1800
FEBRERO	1800	1000	1600	2890	2890	2700	2000
MARZO	1700	1100	1700	2800	3000	2700	2200
ABRIL	1600	800	1400	2900	2900	2500	1800

DICIEMBRE	1500	700	1400	2800	2800	2500	1800
JUNIO	1500	1100	1450	2800	3000	2700	2100
DICIEMBRE	1520	720	1410	2800	2820	2500	1810
AGOSTO	1500	700	1400	2800	3000	2500	1800
AGOSTO	1500	720	1410	2810	3000	2520	1850
NOVIEMBRE	1600	800	1500	2800	2800	3000	1900
NOVIEMBRE	1600	810	1550	2820	2800	2990	1910
JULIO	1600	1000	1500	2850	2900	2700	2000
ENERO	1550	720	1420	2810	2800	2550	1810
FEBRERO	1850	1020	1620	2900	2900	2650	2200
MARZO	1750	1000	1750	2800	2980	2750	2200
ABRIL	1620	850	1400	2920	2910	2500	1850
JULIO	1650	1120	1500	2820	2920	2720	2010
JUNIO	1520	1160	1460	2800	3200	2750	2150
MAYO	1800	900	1600	3000	2900	2900	2300
OCTUBRE	1800	1200	1600	3000	2810	2500	2200
OCTUBRE	1810	1990	1610	2990	2820	2500	2100
SETIEMBRE	1510	900	2000	2800	2830	2700	2100
SETIEMBRE	1500	890	1990	2810	2800	2710	2300
MAYO	1850	920	1640	2940	2900	2940	2200

	Cerro Verde	**Antapaccay**	**Southern Cuajone**	**Shougang**	**Constancia**	**Las Bambas**	**MARCOBRE**
ENERO	1800	2800	1800	1800	2800	2800	1200
FEBRERO	2000	2900	2100	1900	3000	2850	1600
MARZO	2300	3000	2100	2300	2900	3000	1400
ABRIL	1800	3000	1800	1800	2900	2800	1200
DICIEMBRE	1800	2800	1800	1800	2800	2800	1200
JUNIO	2200	2800	2100	2150	2800	2900	1600
DICIEMBRE	1850	2810	1840	1800	2820	2810	1250
AGOSTO	1800	2900	1900	1800	2800	2800	1800
AGOSTO	1900	2890	1920	1820	1850	2800	1800
NOVIEMBRE	1800	2800	2000	2000	3000	2800	1200
NOVIEMBRE	1820	2800	2100	2100	2990	2800	1200
JULIO	1900	2900	1900	2150	2900	2850	1720
ENERO	1800	2850	1820	1850	2800	2850	1220
FEBRERO	2200	2920	2150	1950	3200	2800	1700
MARZO	2250	2950	2160	2250	2950	2940	1450
ABRIL	1850	2950	1850	1850	2920	2820	1250

JULIO	1950	2920	1920	1800	2910	2820	1700
JUNIO	2220	2850	2150	2150	2850	2950	1650
MAYO	2100	2800	2000	2100	3000	2900	1650
OCTUBRE	1900	3000	2200	2300	2800	2800	1300
OCTUBRE	1920	2890	2100	2200	2810	2800	1300
SETIEMBRE	2300	2800	2300	1800	2850	3000	1900
SETIEMBRE	2290	2860	2200	1840	2800	2900	1850
MAYO	2120	2800	2100	1800	3100	2920	1600

	Quellaveco	**Yauli**	**Proy Chungar**	**Proyecto La Arena**	**Casa Grande**
ENERO	1800	800	800	800	800
FEBRERO	2100	920	850	900	1000
MARZO	2000	900	900	900	900
ABRIL	1800	900	800	800	800
DICIEMBRE	1800	800	800	800	800
JUNIO	1900	800	820	910	900
DICIEMBRE	1800	850	820	820	850
AGOSTO	1800	800	800	800	800
AGOSTO	1810	810	810	810	810
NOVIEMBRE	2000	900	900	900	820
NOVIEMBRE	1900	920	950	900	850
JULIO	2200	800	900	850	900
ENERO	1850	830	800	860	850
FEBRERO	2150	900	900	910	1100
MARZO	1900	890	940	920	920
ABRIL	1820	900	850	800	800
JULIO	2300	810	910	900	920
JUNIO	1920	800	800	930	910
MAYO	2290	900	1000	900	1000
OCTUBRE	2300	800	1000	1000	800
OCTUBRE	2220	800	990	990	800
SETIEMBRE	1800	1000	810	810	1000
SETIEMBRE	1840	950	800	800	990
MAYO	2280	920	1100	900	990

Paso 5: Filtrar todas las mangueras que han sido enviadas por los talleres.

Demanda se presentan los datos relativos a la demanda de cada sucursal al taller. Este resultado se obtuvo del promedio del cuadro anterior entre la cantidad de meses.

Fórmula utilizada : $X = \frac{\sum X}{n}$

Tabla 4: Demanda

SUCURSAL	DEMANDA TONELADAS
CDR 1*	1708
Industrial 2*	548
Usufructo Sider Peru 3*	442
Piura 4*	1681
Oficina Tumbes 5*	813
Lambayeque 6*	1601
Cajamarca 7*	1653
Chimbote 8*	693
Huaraz 9*	674
Cerro Pasco 11*	1401
Huancayo 12*	1618
Ayacucho 13*	829
Ica 14*	814
Arequipa 15*	1630
Juliaca 16*	951
Cusco 17*	1555
Yanacocha 18*	2853
Toromocho 19*	2895
Cerro Verde 22*	1995
Antapaccay 23*	2875
Southern Cuajone 24*	2013
Shougang 25*	1971
Constancia 26*	2856
Las Bambas 27*	2855
MARCOBRE 28*	1489
Quellaveco 29*	1983
Yauli 30*	863

Casa Grande- evit 33*	888
Proyecto La Arena 32*	871
Southern Toquepala 21*	2016
Trujillo 10*	826
Antamina 20*	2666
volcan Proy Chungar 31*	877

PASO 6:

Oferta; Se obtuvo un reporte estimado de los dos años de las atenciones de los talleres a cada sucursal. Donde no necesariamente la cantidad que ha ofertado el taller es la capacidad máxima de su almacén.

Tabla 5 Oferta promedia de los talleres en los años 2017-2019

Sucursal	**CDR**	**Arequipa**	**Yanacocha**	**Toromocho**	**Antamina**
CDR	0	0	0	0	0
Industrial	0	548	0	0	0
Usufructo Sider Peru	0	0	0	0	0
Piura	335	0	1347	0	0
Oficina Tumbes	0	0	0	0	0
Lambayeque	1601	0	0	0	0
Cajamarca	0	0	1653	0	0
Chimbote	693	0	0	0	0
Huaraz	674	0	0	0	0
Trujillo	826	0	0	0	0
Cerro Pasco	505	896	0	0	0
Huancayo	1618	0	0	0	0
Ayacucho	0	802	0	0	0
Ica	0	814	0	0	0
Arequipa	0	0	0	0	0
Juliaca	0	0	0	0	0
Cusco	0	0	0	0	0
Yanacocha	0	0	0	0	2853
Toromocho	0	2196	0	0	148

Antamina	2666	0	0	0	0
Southern Toquepala	0	2016	0	0	0
Cerro Verde	0	0	0	1995	0
Antapaccay	0	0	0	0	0
Southern Cuajone	0	0	0	0	0
Shougang	966	0	0	1005	0
Constancia	0	2856	0	0	0
Las Bambas	0	0	0	0	0
MARCOBRE	1489	0	0	0	0
Quellaveco	0	0	0	0	0
Yauli	863	0	0	0	0
volcan Proy Chungar	877	0	0	0	0
Proyecto La Arena	0	871	0	0	0
Casa Grande	888	0	0	0	0
Oferta	14130	11200	3026	3000	3000

Sucursal	**Southern Toquepala**	**Cerro Verde**	**Antapaccay**	**Southern Cuajone**
CDR	0	1708	0	0
Industrial	0	0	0	0
Usufructo Sider Peru	0	442	0	0
Piura	0	0	0	0
Oficina Tumbes	0	813	0	0
Lambayeque	0	0	0	0
Cajamarca	0	0	0	0
Chimbote	0	0	0	0
Huaraz	0	0	0	0
Trujillo	0	0	0	0
Cerro Pasco	0	0	0	0
Huancayo	0	0	0	0
Ayacucho	0	27	0	0
Ica	0	0	0	0
Arequipa	0	1630	0	0

Juliaca	0	951	0	0
Cusco	0	1555	0	0
Yanacocha	0	0	0	0
Toromocho	552	0	0	0
Antamina	0	0	0	0
Southern Toquepala	0	0	0	0
Cerro Verde	0	0	0	0
Antapaccay	0	2875	0	0
Southern Cuajone	2013	0	0	0
Shougang	0	0	0	0
Constancia	0	0	0	0
Las Bambas	255	0	2600	0
MARCOBRE	0	0	0	0
Quellaveco	81	0	0	1902
Yauli	0	0	0	0
volcan Proy Chungar	0	0	0	0
Proyecto La Arena	0	0	0	0
Casa Grande	0	0	0	0
Oferta	2900	10500	2600	1902

PASO 7: Capacidad ofertada de cada taller; es la cantidad de mangueras armadas que puede realizar un taller.

Tabla 5 Capacidad instalada de cada taller.

Sucursal	Capacidad
CDR	14000
Arequipa	11000
Yanacocha	3000
Toromocho	3000
Antamina	3000

Southern Toquepala	3000
Cerro Verde	10000
Antapaccay	3000
Southern Cuajone	3000

PASO 8: Montos de flete de cada taller a la sucursal; lo que se paga por cada traslado, no importa la cantidad de mangueras armadas, existe un precio pactado con el proveedor.

Tabla 6 Montos del flete

TALLERES -> SUCURSALES v	CDR *1	Arequipa *2	Yanacocha *3	Toromocho *4
CDR 1*	-	1017	862	-
Industrial 2*		1015	867	-
Usufructo Sider Peru 3*	429	1441	874	-
Piura 4*	987	1999	491	-
Oficina Tumbes 5*	1271	2283	775	-
Lambayeque 6*	778	1791	283	-
Cajamarca 7*	862	1875	54	-
Chimbote 8*	418	1430	451	-
Huaraz 9*	408	1421	616	-
Trujillo 10*	560	1572	303	-
Cerro Pasco 11*	264	1019	954	-
Huancayo 12*	311	1195	1150	-
Ayacucho 13*	567	979	1426	-
Ica 14*	304	712	1163	-
Arequipa 15*	1017	-	1876	-
Juliaca 16*	1274	273	2133	-
Cusco 17*	1092	529	1426	-
Yanacocha 18*	869	1875	-	883
Toromocho 19*	1020	999	1020	-
Antamina 20*	440	1455	804	459

Southern Toquepala 21*	1174	292	2033	1154
Cerro Verde 22*	264	999	882	20
Antapaccay 23*	1284	60	1876	997
Southern Cuajone 24*	1174	999	2033	1154
Shougang 25*	7	1011	869	16
Constancia 26*	1116	7	874	1095
Las Bambas 27*	1130	461	1992	1113
MARCOBRE 28*	14	1019	876	10
Quellaveco 29*	1178	223	2037	1157
Yauli 30*	22	999	882	-
volcan Proy Chungar 31*	210	1004	881	-
Proyecto La Arena 32*	718	999	882	-
Casa Grande- evit 33*	31	1012	868	-

TALLERES -> SUCURSALES v	Antamina *5	Southern Toquepala *6	Cerro Verde *7	Antapaccay *8	Southern Cuajone *9
CDR 1*	-	-	1015	-	-
Industrial 2*	-	-	1022	-	-
Usufructo Sider Peru 3*	-	-	1010	-	-
Piura 4*	-	-	2002	-	-
Oficina Tumbes 5*	-	-	1022	-	-
Lambayeque 6*	-	-	1794	-	-
Cajamarca 7*	-	-	1878	-	-
Chimbote 8*	-	-	1433	-	-
Huaraz 9*	-	-	1424	-	-
Trujillo 10*	-	-	1575	-	-
Cerro Pasco 11*	-	-	1278	-	-
Huancayo 12*	-	-	1198	-	-
Ayacucho 13*	-	-	982	-	-
Ica 14*	-	-	720	-	-
Arequipa 15*	-	-	60	-	-
Juliaca 16*	-	-	274	-	-
Cusco 17*	-	-	530	-	-
Yanacocha 18*	802	2035	1884	2150	2041

Toromocho 19*	455	1310	1003	1268	1315
Antamina 20*	-	1609	1459	1268	1615
Southern Toquepala 21*	1607	-	296	561	-
Cerro Verde 22*	456	1148	997	1267	1153
Antapaccay 23*	1717	555	60	-	561
Southern Cuajone 24*	1607	60	296	561	-
Shougang 25*	443	1165	1014	1280	1170
Constancia 26*	448	1155	1005	1270	1786
Las Bambas 27*	1566	734	463	274	739
MARCOBRE 28*	450	1163	1012	1278	1168
Quellaveco 29*	1610	62	299	565	67
Yauli 30*	-	-	1175	-	-
volcan Proy Chungar 31*	-	-	1007	-	-
Proyecto La Arena 32*	-	-	1002	-	-
Casa Grande- evit 33*	-	-	1015	-	-

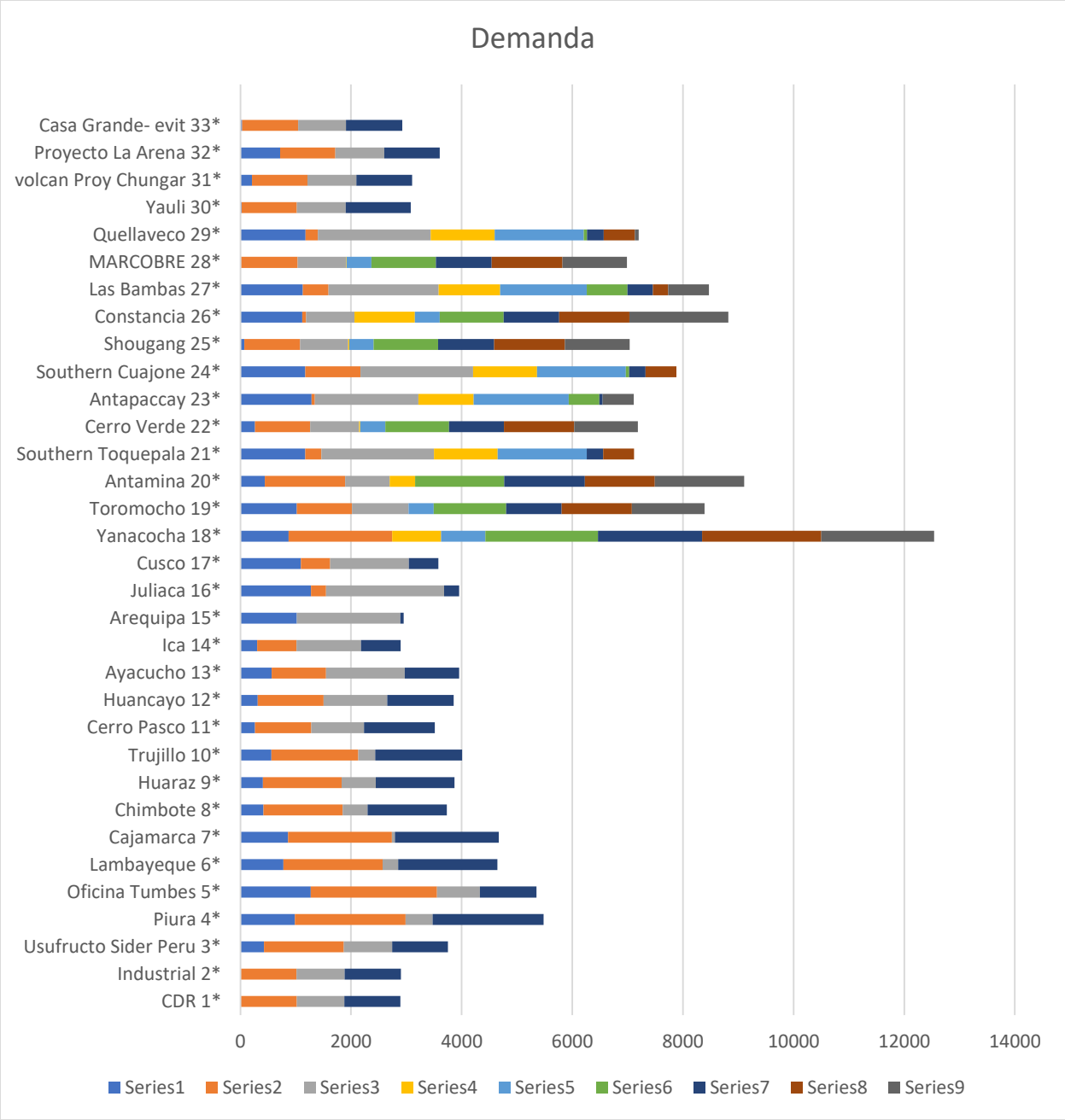
Figura 1

Histograma de frecuencias de Capacidad Ofertada por cada taller



Figura 2

Histograma de frecuencias de Demanda



3.4.4. Resultados de la Actividad

Luego de la ejecución en LINGO tenemos los siguientes resultados en el archivo Excel.

Sucursal	CDR 1*	Industrial 2*	Usufructo Sider Peru 3*	Piura 4*	Oficina Tumbes 5*	Lambayeque 6*
CDR *1	0	0	0	334	0	1601
Arequipa *2	0	548	0	0	0	0
Yanacocha *3	0	0	0	1347	0	0
Toromocho *4	0	0	0	0	0	0
Antamina *5	0	0	0	0	0	0
Southern Toquepala *6	0	0	0	0	0	0
Cerro Verde *7	1708	0	442	0	813	0
Antapaccay *8	0	0	0	0	0	0
Southern Cuajone *9	0	0	0	0	0	0

Sucursal	Cajamarca 7*	Chimbote 8*	Huaraz 9*	Trujillo 10*	Cerro Pasco 11*	Huancayo 12*
CDR *1	0	693	674	826	505	1618
Arequipa *2	0	0	0	0	896	0
Yanacocha *3	1653	0	0	0	0	0
Toromocho *4	0	0	0	0	0	0
Antamina *5	0	0	0	0	0	0
Southern Toquepala *6	0	0	0	0	0	0
Cerro Verde *7	0	0	0	0	0	0
Antapaccay *8	0	0	0	0	0	0
Southern Cuajone *9	0	0	0	0	0	0

Sucursal	Ayacucho 13*	Ica 14*	Arequipa 15*	Juliaca 16*	Cusco 17*	Yanacocha 18*
CDR *1	0	0	0	0	0	0
Arequipa *2	802	814	0	0	0	0
Yanacocha *3	0	0	0	0	0	0
Toromocho *4	0	0	0	0	0	0
Antamina *5	0	0	0	0	0	2853
Southern Toquepala *6	0	0	0	0	0	0
Cerro Verde *7	27	0	1630	951	1555	0
Antapaccay *8	0	0	0	0	0	0
Southern Cuajone *9	0	0	0	0	0	0

Sucursal	Toromocho 19*	Antamina 20*	Southern Toquepala 21*	Cerro Verde 22*	Antapaccay 23*
CDR *1	0	2666	0	0	0
Arequipa *2	2196	0	2016	0	0
Yanacocha *3	0	0	0	0	0
Toromocho *4	0	0	0	1995	0
Antamina *5	148	0	0	0	0
Southern Toquepala *6	551	0	0	0	0
Cerro Verde *7	0	0	0	0	2875
Antapaccay *8	0	0	0	0	0
Southern Cuajone *9	0	0	0	0	0

Sucursal	Southern Cuajone 24*	Shougang 25*	Constancia 26*	Las Bambas 27*	MARCOBRE 28*
CDR *1	0	966	0	0	1489
Arequipa *2	0	0	2856	0	0
Yanacocha *3	0	0	0	0	0
Toromocho *4	0	1005	0	0	0
Antamina *5	0	0	0	0	0
Southern Toquepala *6	2013	0	0	255	0
Cerro Verde *7	0	0	0	0	0
Antapaccay *8	0	0	0	2600	0
Southern Cuajone *9	0	0	0	0	0

Sucursal	Quellaveco 29*	Yauli 30*	volcan Proy Chungar 31*	Proyecto La Arena 32*	Casa Grande-evit 33*
CDR *1	0	863	877	0	888
Arequipa *2	0	0	0	871	0
Yanacocha *3	0	0	0	0	0
Toromocho *4	0	0	0	0	0
Antamina *5	0	0	0	0	0
Southern Toquepala *6	81	0	0	0	0
Cerro Verde *7	0	0	0	0	0
Antapaccay *8	0	0	0	0	0
Southern Cuajone *9	1901	0	0	0	0

El costo mínimo es

Función Objetivo: $ 20 846 498

Resultados: La empresa de repuestos debe hacer los envíos de la siguiente manera

- ✓ El taller CDR debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas

  Esto quiere decir que el almacén CDR atenderá en un 100% a las sucursales de Lambayeque, Chimbote, Huaraz, Trujillo, Huancayo, Antamina, Marcobre, Yauli, Volcán Proyecto Chungar y Casa Grande, en un 19.87% a la sucursal Piura, en 36.05% a Cerro Pasco, por último, en 49.01% a Shougang.

Sucursal	CDR *1
Piura 4*	334
Lambayeque 6*	1601
Chimbote 8*	693
Huaraz 9*	674
Trujillo 10*	826
Cerro Pasco 11*	505
Huancayo 12*	1618
Antamina 20*	2666
Shougang 25*	966
MARCOBRE 28*	1489
Yauli 30*	863
volcan Proy Chungar 31*	877
Casa Grande- evit 33*	888

- ✓ El taller de Arequipa debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas

Sucursal	Arequipa *2
Industrial 2*	548

Cerro Pasco 11*	896
Ayacucho 13*	802
Ica 14*	814
Toromocho 19*	2196
Southern Toquepala 21*	2016
Constancia 26*	2856
Proyecto La Arena 32*	871

Esto quiere decir que el almacén de Arequipa atenderá en un 100% a Industrial, Ica, Southern Toquepala, Constancia y Proyecto la Arena, un 63.95% a Cerro Pasco, 96.74% a Ayacucho, y por último en un 75.85% a Toromocho.

- ✓ El taller de Yanacocha debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas

Sucursal	**Yanacocha *3**
Piura 4*	1347
Cajamarca 7*	1653

El taller de Yanacocha atenderá en 80.13% a la sucursal de Piura y, por último, en 100% a Cajamarca.

- ✓ El taller de Toromocho debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas

Sucursal	**Toromocho *4**
Cerro Verde 22*	1995
Shougang 25*	1005

El almacén de Toromocho atenderá en 100% a la sucursal Cerro Verde y 50.1% a Shougang.

- ✓ El taller de Antamina debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas

Sucursal	**Antamina *5**

Yanacocha 18*	2853
Toromocho 19*	148

El taller de Antamina atenderá en un 100% a la Sucursal Yanacocha, y por último en 5.1% en Toromocho.

- ✓ El taller de Southern Toquepala debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas.

Sucursal	Southern Toquepala *6
Toromocho 19*	551
Southern Cuajone 24*	2013
Las Bambas 27*	255
Quellaveco 29*	81

El almacén Southern Toquepala atenderá 19.03% a la sucursal de Toromocho, en 100% a Southern Cuajone, en 8.9% a Las Bambas y por último 1.46% para Quellaveco.

- ✓ El taller de Cerro Verde debe abastecer a las siguientes sucursales en las cantidades indicadas.

Sucursal	Cerro Verde *7
CDR 1*	1708
Usufructo Sider Peru 3*	442
Oficina Tumbes 5*	813
Ayacucho 13*	27
Arequipa 15*	1630
Juliaca 16*	951
Cusco 17*	1555
Antapaccay 23*	2875

Para el almacén Cerro Verde, este atenderá 100% a las sucursales CDR, Usufructo Sider Perú, Oficina Tumbres, Arequipa, Cusco, Juliaca y Antapaccay, y finalmente un 3.25% en Ayacucho.

✓ El taller de Antapaccay atenderá en un 100% a Bambas.

Sucursal	Antapaccay *8
Las Bambas 27*	2600

✓ El taller de Southern Cuajone atiende a Quellaveco en 100%

Sucursal	Southern Cuajone *9
Quellaveco 29*	1901

✓ Se observa también que cada taller producirá las siguientes cantidades

Sucursal	Cantidad de MA
CDR *1	14000
Arequipa *2	11000
Yanacocha *3	3000
Toromocho *4	3000
Antamina *5	3000
Southern Toquepala *6	2900
Cerro Verde *7	10000
Antapaccay *8	2600
Southern Cuajone *9	1901

CAPITULO IV - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al culminar la tesis se ha podido obtener importantes conclusiones entre ellas tenemos:

1.- El costo de transporte se logró minimizar mediante la aplicación de la programación lineal con un costo total mensual de $ 20 846 498.

2.- Se logró estandarizar los datos de entrada y consolidando la información en tablas que sirvieron de insumo al modelo de programación lineal.

3.- Se obtuvo una formulación de un modelo de programación lineal definiendo sus variables, función objetivo y restricciones que minimizan los costos de transporte en la empresa de repuestos.

4.- Se resolvió el modelo de programación lineal formulado con el software LINGO con lo cual se pudo obtener una solución óptima y un valor óptimo.

5.- El presente trabajo permitió utilizar una herramienta que nos brinda la Investigación Operativa como lo es la programación lineal buscando minimizar los costos de transporte.

RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda a la empresa de repuestos implementar la solución obtenida en el modelo de programación lineal en el menor tiempo posible.

2.- Se recomienda uniformar los datos de entrada para futuros proyectos de aplicación de algún modelo matemático y otros.

3.- El modelo de programación lineal podría aumentar las ofertas y demandas con la finalidad de obtener una solución óptima a un modelo de mayor variable.

4. Esta aplicación puede servir para futuras investigaciones que se relacionen con problemas de transporte, y que tengan como finalidad disminuir los costos.

CAPITULO V - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, J. (2005). Investigación de operaciones. 2a. Lima: Librería Distribuidora Beta

Ávila, H. (2006). “Capítulo IV Análisis de Datos”. Cyta. Recuperado de http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/int_meto_inv/c_4.htm

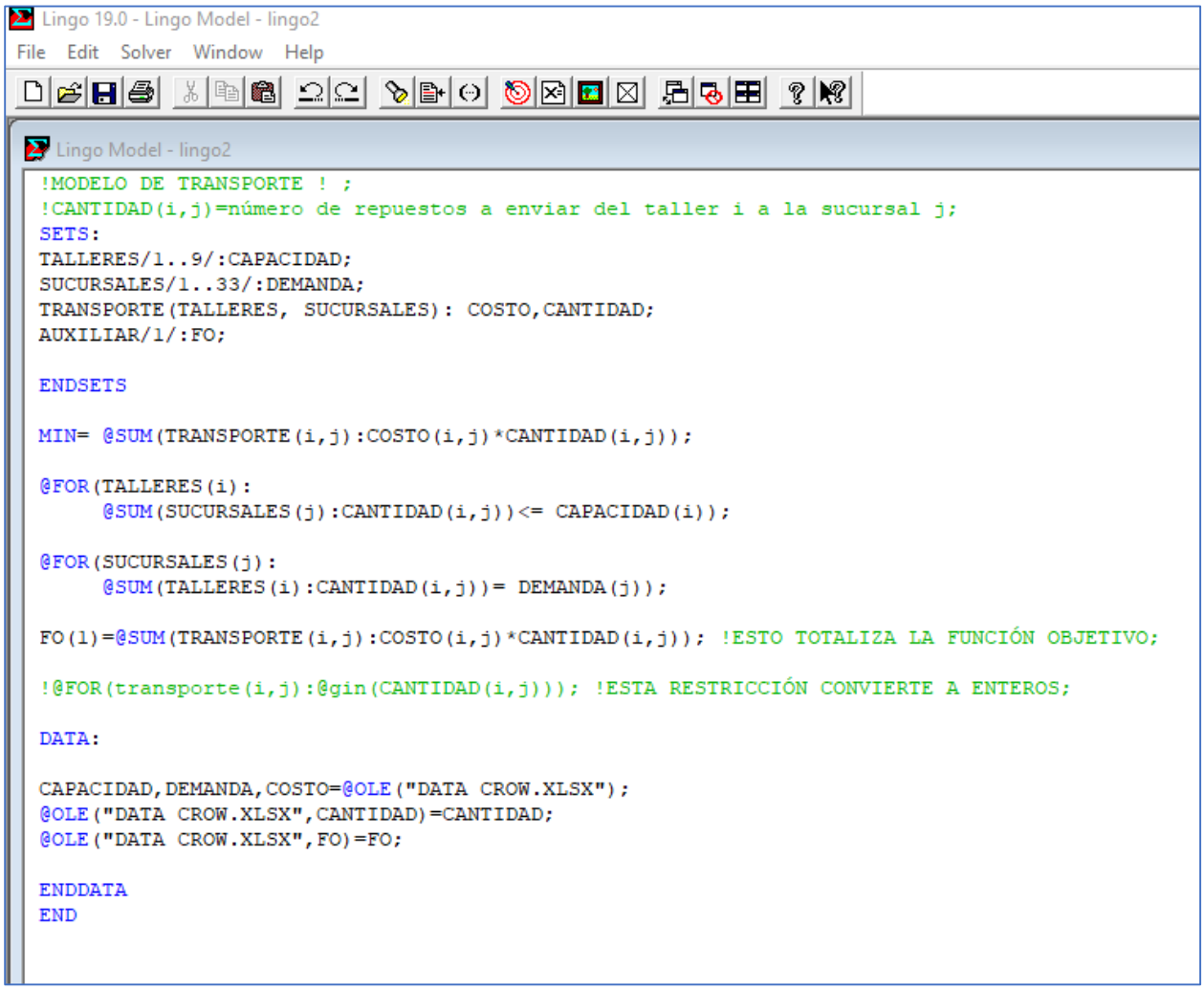
Chase, R. Jacobs, R. y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones producción y cadena de suministros. 12a. México: McGraw – Hill.

GS1 Perú (2019). “Las Pérdidas para el sector de Transporte y Logística suman más de S/450 millones en el Callao”. *Newsletter.* Recuperado de https://gs1pe.org/gs1-newsletter/content/las-perdidas-para-el-sector-de-transporte-y-logistica-suman-mas-de-s450.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. <https://dle.rae.es> [13.09.2019]

APÉNDICE

Apéndice A:



Apéndice B:

```
LINGO/WIN32 19.0.55 (5 May 2022 ), LINDO API 13.0.4099.342

  Licensee info: Eval Use Only
  License expires:  3 JAN 2023

  Global optimal solution found.
  Objective value:                              0.2084650E+08
  Infeasibilities:                              0.000000
  Total solver iterations:                             58
  Elapsed runtime seconds:                           2.42



  Export Summary Report
  ---------------------
  Transfer Method:       OLE BASED
  Workbook:              DATA CROW.XLSX
  Ranges Specified:                1
      CANTIDAD
  Ranges Found:                    1
  Range Size Mismatches:           0
  Values Transferred:            297


  Export Summary Report
  ---------------------
  Transfer Method:       OLE BASED
  Workbook:              DATA CROW.XLSX
  Ranges Specified:                1
      FO
  Ranges Found:                    1
  Range Size Mismatches:           0
  Values Transferred:              1

  Model Class:                                         LP
```

```
Total variables:                298
Nonlinear variables:              0
Integer variables:                0

Total constraints:               44
Nonlinear constraints:            0

Total nonzeros:                1189
Nonlinear nonzeros:               0
```

Variable	Value	Reduced Cost
CAPACIDAD(1)	14000.00	0.000000
CAPACIDAD(2)	11000.00	0.000000
CAPACIDAD(3)	3000.000	0.000000
CAPACIDAD(4)	3000.000	0.000000
CAPACIDAD(5)	3000.000	0.000000
CAPACIDAD(6)	2900.000	0.000000
CAPACIDAD(7)	10000.00	0.000000
CAPACIDAD(8)	2600.000	0.000000
CAPACIDAD(9)	3000.000	0.000000
DEMANDA(1)	1708.333	0.000000
DEMANDA(2)	548.3333	0.000000
DEMANDA(3)	441.6667	0.000000
DEMANDA(4)	1681.250	0.000000
DEMANDA(5)	812.9167	0.000000
DEMANDA(6)	1601.250	0.000000
DEMANDA(7)	1653.000	0.000000
DEMANDA(8)	693.3333	0.000000
DEMANDA(9)	673.7500	0.000000
DEMANDA(10)	825.8333	0.000000