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

Optimizando la asignación de ingenieros para el trabajo colaborativo y el crecimiento económico sostenible en Imperia Soluciones Tecnológicas: un caso de estudio en ciberseguridad y su contribución al ODS 8

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

Frank Gerardo TORRES SIPÁN

ASESOR

Mg. Rosario Victoria LOCK DE LA CRUZ

Lima, Perú

2025



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

Torres, F. (2025). *Optimizando la asignación de ingenieros para el trabajo colaborativo y el crecimiento económico sostenible en Imperia Soluciones Tecnológicas: un caso de estudio en ciberseguridad y su contribución al ODS 8*. [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	Frank Gerardo Torres Sipán
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47841879
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-3166-4684
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Rosario Victoria Lock de la Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08670498
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0407-0095
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carmela Catalina Velásquez Pino
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09078631
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Monica Ivonne Zavala Soto
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41607378
Datos de investigación	
Línea de investigación	Resolución rectoral N° 00017-R-14 A.3.3.5. 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	Junio 2025
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2025)

En la UNMSM – Ciudad Universitaria – Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 18:00 horas del miércoles 11 de junio del 2025, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2025): Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino (PRESIDENTA), Mg. Mónica Ivonne Zavala Soto (MIEMBRO) y la Mg. Rosario Victoria Lock De La Cruz (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulada: "**OPTIMIZANDO LA ASIGNACIÓN DE INGENIEROS PARA EL TRABAJO COLABORATIVO Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOSTENIBLE EN IMPERIA SOLUCIONES TECNOLÓGICAS: UN CASO DE ESTUDIO EN CIBERSEGURIDAD Y SU CONTRIBUCIÓN AL ODS 8**", presentado por el señor **Bachiller FRANK GERARDO TORRES SIPÁN**, para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, la Presidenta 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 ...Sobresaliente..., con un calificativo promedio de ...18...

A continuación, los Miembros del Jurado Evaluador dan manifiesto que el participante **Bachiller FRANK GERARDO TORRES SIPÁN**, en vista de haber aprobado la sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 18:30 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
PRESIDENTA

Mg. Mónica Ivonne Zavala Soto
MIEMBRO

Mg. Rosario Victoria Lock De La Cruz
MIEMBRO ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Mg. Rosario Victoria Lock de la Cruz en mi condición de asesor acreditado con Dictamen N° 000009-2025-EPIO-FCM/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional, cuyo título es: **"OPTIMIZANDO LA ASIGNACIÓN DE INGENIEROS PARA EL TRABAJO COLABORATIVO Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOSTENIBLE EN IMPERIA SOLUCIONES TECNOLÓGICAS: UN CASO DE ESTUDIO EN CIBERSEGURIDAD Y SU CONTRIBUCIÓN AL ODS 8"**, presentado por el bachiller **TORRES SIPÁN FRANK GERARDO** para optar el título 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 13% 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 de Licenciado en Investigación Operativa.

Lima, 30 de septiembre de 2025.

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Mg. Rosario Victoria Lock de la Cruz

DNI : 08670498

DEDICATORIA

A mis queridos padres. Este logro académico es un reflejo del incansable esfuerzo que han invertido para brindarme una educación sólida. Cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que tomaron en mi nombre son el fundamento de mi éxito. Su dedicación y compromiso con mi educación son un regalo que valoro más allá de las palabras. Esta tesis es un testimonio de su sacrificio y amor, y me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Gracias por ser los faros en mi vida, por iluminar el camino hacia el conocimiento y por inculcarme la importancia del trabajo duro y la educación. Los amo profundamente.

A mi abuelo Fabio, mi fuente de inspiración y sabiduría. Aunque ya no estés físicamente conmigo, tu espíritu y amor continúan guiándome en cada paso de este camino.

A mis tías y primos, Gracias por enseñarme que la vida es más divertida cuando hay compañía. Este logró es el resultado de años de compartir risas y tristezas juntos. Los amo a todos y a cada uno. ¡Este logro es de ustedes también!

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a la Profesora Rosario Victoria Lock de la Cruz, cuya orientación y sabiduría han sido invaluables en cada etapa de este proyecto. Sus valiosos consejos y paciencia han sido fundamentales para mi crecimiento académico

Agradezco a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por brindarme la educación y las oportunidades que han moldeado mi futuro. Cada día en este campus ha sido una experiencia enriquecedora. Mi tiempo aquí ha sido un viaje de crecimiento y aprendizaje que siempre valoraré.

RESUMEN

OPTIMIZANDO LA ASIGNACIÓN DE INGENIEROS PARA EL TRABAJO COLABORATIVO Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOSTENIBLE EN IMPERIA SOLUCIONES TECNOLÓGICAS: UN CASO DE ESTUDIO EN CIBERSEGURIDAD Y SU CONTRIBUCIÓN AL ODS 8

FRANK GERARDO TORRES SIPÁN

JULIO 2025

Título obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

Mediante el presente Trabajo de Suficiencia Profesional, se propone un modelo hibrido de toma de decisiones multicriterio basado en el análisis jerárquico de procesos (AHP) y la programación lineal entera mixta (PLEM), con el objetivo de optimizar la asignación de ingenieros en proyectos de ciberseguridad dentro de la empresa IMPERIA SOLUCIONES TECNOLOGICAS. Esta investigación responde a la creciente escasez de talento humano especializado en ciberseguridad, la alta carga laboral y la necesidad de mejorar la eficiencia operativa.

El modelo considera variables clave como la experiencia, disponibilidad, costo por hora, urgencia del proyecto y carga laboral. Mediante el uso del método AHP se calculan los pesos relativos de cada criterio, y posteriormente se integran en un modelo matemático resuelto mediante programación lineal. El modelo permite seleccionar de manera óptima a los ingenieros a ser asignados, respetando restricciones como el presupuesto y las horas mínimas requeridas.

Los resultados obtenidos permiten reducir costos operativos, equilibrar la carga laboral, mejorar los tiempos de respuesta y fortalecer la planificación de recursos humanos. Asimismo, el trabajo se alinea con el objetivo de desarrollo sostenible N.º 08, promoviendo el empleo digno y el crecimiento económico sostenible

Palabras clave: AHP, Programación Lineal Entera Mixta, Asignación de personal, ODS 8, Optimización de Recursos.

ABSTRACT

OPTIMIZING THE ALLOCATION OF ENGINEERS FOR COLLABORATIVE WORK AND SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH AT IMPERIA SOLUCIONES TECNOLÓGICAS: A CASE STUDY IN CYBERSECURITY AND ITS CONTRIBUTION TO ODS 8

FRANK GERARDO TORRES SIPÁN

JULY 2025

Degree obtained: Bachelor's Degree in Operations Research

This Professional Proficiency Project proposes a hybrid multi-criteria decision-making model based on hierarchical process analysis (HPA) and mixed integer linear programming (MILP), with the aim of optimizing the allocation of engineers to cybersecurity projects within the company IMPERIA SOLUCIONES TECNOLÓGICAS. This research responds to the growing shortage of human talent specialized in cybersecurity, the high workload, and the need to improve operational efficiency.

The model considers key variables such as experience, availability, cost per hour, project urgency, and workload. Using the AHP method, the relative weights of each criterion are calculated and then integrated into a mathematical model solved by linear programming. The model allows for the optimal selection of engineers to be assigned, while respecting constraints such as budget and minimum hours required.

The results obtained make it possible to reduce operating costs, balance the workload, improve response times, and strengthen human resource planning. Likewise, the work is aligned with Sustainable Development Goal No. 8, promoting decent employment and sustainable economic growth.

Keywords: AHP, Mixed Integer Linear Programming, Staffing, SDG 8, Resource Optimization

ÍNDICE

DEDICATORIA 2
AGRADECIMIENTO 3
RESUMEN 4
ABSTRACT 5
ÍNDICE 6
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN 8
CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 10
DATOS DE LA EMPRESA 10
MISION 11
VISION 11
DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD 12
FINALIDAD DE LA EMPRESA 13
ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA 14
CAPITULO III : DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 15
ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD 15
FLUJOGRAMA DE PROCESOS 19
JUSTIFICACIÓN TEÓRICA 20
JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA 21
FINALIDAD DEL ESTUDIO 22
OBJETIVOS DEL ESTUDIO 23
PROBLEMÁTICA 24
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 27
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 28
PREGUNTA PRINCIPAL 28
PROBLEMAS ESPECÍFICOS 28
LIMITACIONES 29
DELIMITACIONES 29
CAPITULO IV: MARCO TEÓRICO 30
ANTECEDENTES NACIONALES 30
ANTECEDENTES INTERNACIONALES 32
GESTIÓN DE PROYECTOS TECNOLÓGICOS 35
ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN TI Y CIBERSEGURIDAD 35

MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN: INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN LINEAL 36
FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO (AMC)..... 37
PRINCIPIOS DEL AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) 37
PROCESO DE JERARQUIZACIÓN 40
APLICACIONES EN DIFERENTES ÁREAS..... 40
RELACIÓN CON LA ODS 8: TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO..... 41
CAPITULO V: METODOLOGÍA 42
TIPO DE INVESTIGACIÓN 43
MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 46
DATOS USADOS PARA EL ESTUDIO 46
FUNCIÓN OBJETIVO..... 48
CAPITULO VI: CONCLUSIONES 73
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES..... 74

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de transformación digital y crecientes amenazas informáticas, la ciberseguridad se ha posicionado como un pilar esencial para la continuidad operativa y estratégica de las organizaciones. Sin embargo, esta creciente demanda ha generado una notoria escasez de profesionales especializados, especialmente en regiones como America Latina y, de manera mas critica, en Perú. Esta brecha entre la necesidad del mercado y la oferta de talento humano en tecnologías de la información se traduce en una sobre carga de trabajo, dificultades en la planificación de los proyectos y aumento de costos operativos en empresas del sector.

El presente trabajo de suficiencia profesional se enfoca en optimizar la asignación de ingenieros en proyectos de ciberseguridad en la empresa Imperia Soluciones Tecnológicas, una organización que enfrenta el reto de gestionar múltiples proyectos con recursos humanos limitados. El objetivo central de este estudio es proponer un modelo matemático hibrido que combine el análisis jerárquico de proceso (AHP) y la programación lineal entera mixta (PLEM), con el fin de asignar de manera eficiente a los ingenieros mas adecuados para proyectos prioritarios, tomando en cuenta criterios como experiencia, disponibilidad, costo por hora, urgencia del proyecto y carga laboral.

Para alcanzar este objetivo, se aplicará el método AHP con el propósito de determinar el peso relativo de cada criterio considerado en la toma de decisiones. Posteriormente, dichos pesos serán integrados a un modelo de optimización que, mediante programación lineal, definirá la asignación optima del personal disponible, respetando restricciones presupuestarias, de disponibilidad horaria y requerimientos mínimos de personal.

Asimismo, esta investigación analizara los efectos de la optimización en términos de reducción de costos, equilibrio de carga laboral y mejora en tiempos de respuesta. Se evaluara el impacto del modelo propuesto mediante la comparación con el esquema tradicional de asignación utilizado por la

empresa.

Finalmente, este estudio busca alinearse con el objetivo de desarrollo sostenible N°.08 de la agenda 2030 de las naciones unidas, promoviendo el empleo digno, la mejora de la productividad laboral y una gestión eficiente del talento humano en sectores estratégicos como la ciberseguridad.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

DATOS DE LA EMPRESA

Imperia-Soluciones Tecnológicas, una empresa especializada en proyectos de ciberseguridad, enfrenta desafíos significativos en su gestión empresarial, impulsados por la complejidad y el volúmenes crecientes de los proyectos.

Imperia brinda soluciones tecnológicas de vanguardia que optimizan y garantizan la confiabilidad de los procesos de negocio de sus clientes.

Entre los servicios que brinda se tiene:

IMPLEMENTACIÓN

A través de un equipo de ingenieros especialistas altamente calificado, en conjunto con un grupo de gestores de proyectos alineados a los fundamentos del PMI para asegurar el cumplimiento de tiempos de ejecución y expectativas técnicas del cliente.

MESA DE SERVICIO

Servicio de Atención 24x7 ante requerimientos e incidentes con un equipo técnico especialista en la resolución de inconvenientes, contando con diferentes niveles de atención de acuerdo a la necesidad y/o urgencia.

MISION

Ser una empresa líder en soluciones de ciberseguridad y tecnología avanzada en la región, reconocida por su innovación, excelencia operativa y compromiso con la protección de información.

VISION

Brindar soluciones tecnológicas de vanguardia en ciberseguridad, que aseguren la continuidad, confiabilidad y productividad de nuestro cliente, superando sus expectativas mediante un servicio de alta calidad, compromiso profesional y mejora continua

DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD

La presente investigación comenzó con la recopilación de datos de:

- Ciclo de vida de los proyectos para obtener un conocimiento detallado de los diferentes paso y etapas involucrados en la implementación de las soluciones en los clientes. Esto incluye la identificación de las tareas necesarias, los tiempos de ejecución estimados para cada tarea y la secuencia de trabajo
- Datos de disponibilidad de personal: Recopilar información sobre la disponibilidad de personal, incluyendo el número de trabajadores, sus capacidades y horarios de trabajo.
- Costos laborales: Obtener información precisa sobre los costos asociados con la mano de obra.
- Soluciones adquiridas por los clientes

La información necesaria e importante del momento de la investigación fue recabada en la oficina principal, ubicada en la Av. Jose Pardo 434, oficina 401, Miraflores

Inicio: 1 octubre del 2024

Fin: 30 de marzo de 2025

Después de analizar los datos, queda el objetivo y las restricciones de la función, que ayudan en la creación del modelo de programación lineal.

FINALIDAD DE LA EMPRESA

La finalidad de una empresa que brinda servicios de ciberseguridad es proteger los sistemas, redes y datos de sus clientes frente a amenazas digitales. Sus objetivos principales incluyen:

- **Prevenir ataques cibernéticos** mediante la implementación de medidas de seguridad avanzadas.
- **Detectar y responder a incidentes** para minimizar daños y recuperar sistemas afectados.
- **Cumplir con normativas y regulaciones** de seguridad de la información.
- **Proteger la infraestructura tecnológica** de empresas y organizaciones.
- **Capacitar y concienciar a los usuarios** sobre buenas prácticas de seguridad digital.

RAZON SOCIAL

IMPERIA SOLUCIONES TECNOLOGICAS S.A.C.

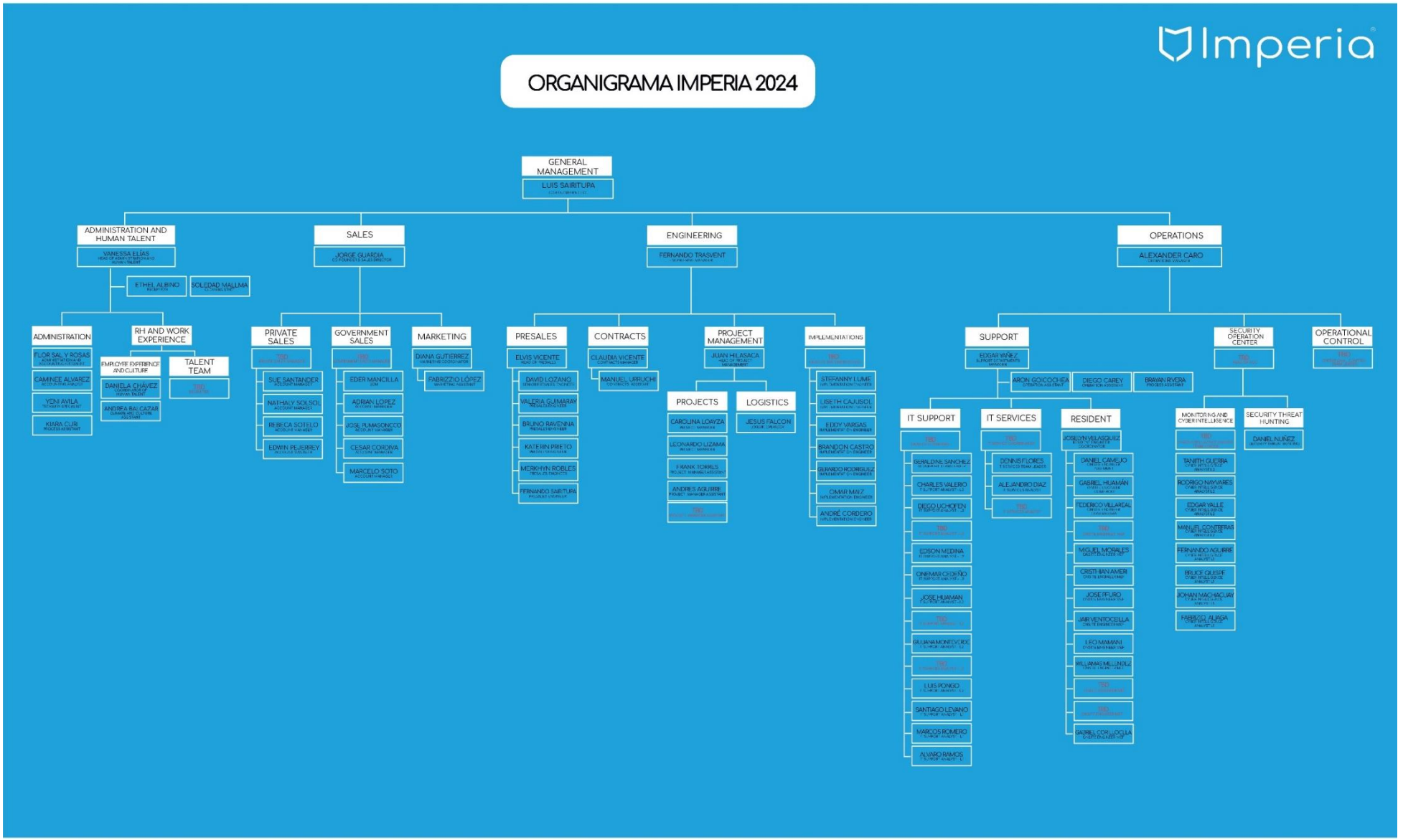
RUC

20552075341

CORREO ELECTRONICO

contacto@imperia.com.pe

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



CAPITULO III : DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD

Para gestionar un proyecto de ciberseguridad en Soluciones Tecnológicas, desarrollamos una metodología que cuenta desde una fase inicial comercial hasta la facturación final, luego de la puesta en producción de la solución:

FASE COMERCIAL Y PREVENTA

- Esta etapa marca el inicio del ciclo de vida del proyecto, en la cual se identifican oportunidades de negocio y se establece la relación con el cliente.
- Identificación de la necesidad o problema de ciberseguridad del cliente.
- Reunión inicial para el levantamiento de requerimientos funcionales y técnicos.
- Evaluación preliminar de viabilidad técnica y comercial.
- Elaboración de una propuesta integral (técnica y económica).
- Presentación de la oferta, negociación y ajustes según requerimientos del cliente.
- Firma del contrato o emisión de la orden de compra.

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

- Una vez confirmada la contratación del servicio, se inicia la planificación formal del proyecto, en la que se definen los recursos, tiempos, riesgos y alcance.
- Asignación del Project Manager y conformación del equipo técnico.
- Reunión de arranque interna (kick-off interno).
- Reunión de inicio con el cliente (kick-off externo).
- Definición de entregables, cronograma y responsabilidades.
- Elaboración del plan de proyecto, incluyendo matriz de riesgos, plan de comunicación y plan de calidad.
- Gestión de compras: adquisición de licencias, equipos o servicios necesarios.

IMPLEMENTACIÓN TÉCNICA

- En esta fase se procede a desplegar la solución tecnológica de ciberseguridad, cumpliendo con los estándares técnicos establecidos.
- Diseño de la arquitectura de la solución conforme a los requerimientos del cliente.
- Configuración inicial y validación en entornos controlados (preproducción).
- Despliegue e integración de la solución en el entorno productivo del cliente.
- Realización de pruebas técnicas, funcionales y de seguridad (como pruebas de penetración, si corresponde).
- Ajustes y optimización de configuraciones según resultados de pruebas.

CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

- Es fundamental asegurar la correcta transferencia de capacidades técnicas y operativas al cliente.
- Ejecución de sesiones de capacitación dirigidas al personal técnico y usuarios clave.
- Entrega de manuales, documentación técnica y guías de operación.
- Revisión y validación conjunta de las configuraciones implementadas.

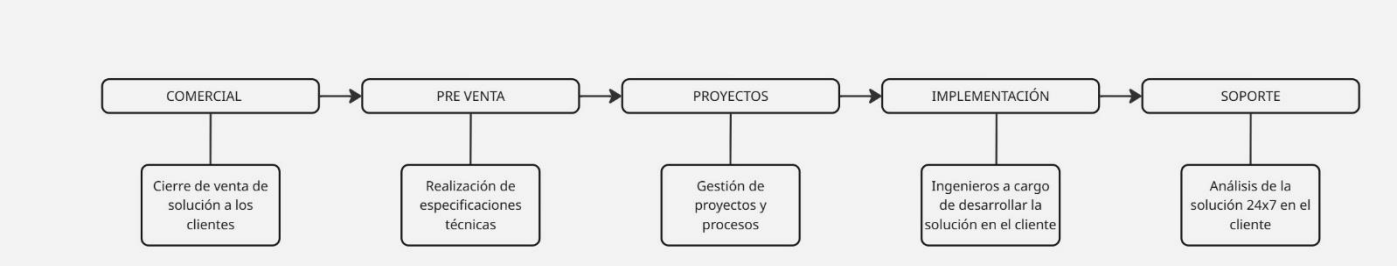
PUESTA EN PRODUCCIÓN

- Corresponde a la etapa en la que la solución entra oficialmente en operación, con aprobación formal por parte del cliente.
- Validación completa del funcionamiento de la solución.
- Revisión de cumplimiento de entregables contractuales.
- Firma del acta de conformidad o documento de aceptación de la solución.

CIERRE DEL PROYECTO Y FACTURACIÓN

- Concluido el proceso técnico, se procede al cierre administrativo y financiero del proyecto.
- Elaboración del informe final del proyecto.
- Entrega de documentación de cierre (incluye respaldos de configuraciones, evidencias de pruebas, etc.).
- Activación del soporte post-implementación si estuviera contratado.
- Emisión de la factura correspondiente al cliente.
- Seguimiento del proceso de pago.
- Aplicación de encuesta de satisfacción del cliente.
- Cierre administrativo y archivo del proyecto.

FLUJOGRAMA DE PROCESOS



CONCLUSIÓN DEL FLUJO DE PROCESOS

Este flujo integral permite garantizar una gestión estructurada, eficiente y segura de los proyectos de ciberseguridad. Su aplicación asegura la alineación entre las necesidades del cliente, los objetivos del proyecto y los estándares de calidad técnica y comercial de la empresa

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La optimización de la asignación de recursos en proyectos tecnológicos ha sido ampliamente estudiada en disciplinas como la **Gestión de Proyectos**, **Ingeniería Industrial** y **Ciencias de la Computación**. Diversas investigaciones demuestran que una asignación eficiente basada en criterios objetivos mejora la productividad, reduce costos y garantiza la sostenibilidad de las operaciones.

En este contexto:

La Programación Lineal Entera Mixta (PLEM) ofrece un marco riguroso para modelar problemas de asignación con restricciones múltiples (tiempo, presupuesto, habilidades), buscando soluciones óptimas de forma matemática.

El Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), desarrollado por Thomas Saaty, proporciona una metodología estructurada para la toma de decisiones multicriterio, permitiendo transformar valoraciones cualitativas en prioridades cuantificadas.

Ambos métodos, AHP y PLEM, se complementan para construir soluciones de asignación robustas y justificadas, particularmente en escenarios donde:

- Existe escasez de talento especializado (como en ciberseguridad).
- Los proyectos tienen múltiples requisitos y prioridades.
- La toma de decisiones tradicional resulta subjetiva o ineficiente.

Este trabajo aporta teóricamente al demostrar cómo la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos puede aplicarse eficazmente en la asignación de personal en proyectos tecnológicos, respaldado por bases sólidas de investigación operativa y análisis de decisiones.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En la empresa **Imperia Soluciones Tecnológicas**, la asignación de ingenieros a los distintos proyectos de ciberseguridad se realiza actualmente de manera intuitiva o basada en decisiones ad hoc de los jefes de proyecto. Esto genera diversos problemas:

- Sobrecarga de algunos ingenieros clave.
- Subutilización de recursos disponibles.
- Incremento de tiempos de entrega y costos de operación.
- Insatisfacción de clientes por incumplimientos de cronogramas.

APLICAR UN MODELO COMBINADO DE AHP + PLEM PERMITIRÁ:

- Asignar de forma **óptima** a los ingenieros disponibles, considerando experiencia, certificaciones, costos y disponibilidad real.
- **Reducir costos operativos** mediante una mejor distribución de las horas de trabajo.
- **Mejorar la eficiencia** y aumentar la tasa de cumplimiento de los plazos de entrega.
- **Promover la equidad laboral**, alineándose a la **ODS 8** que busca fomentar el empleo pleno y productivo, así como condiciones de trabajo dignas.

Además, la implementación de este modelo generará un **procedimiento replicable** que puede utilizarse mes a mes, mejorando la planeación estratégica de recursos humanos dentro de la empresa y fortaleciendo su competitividad en el sector de servicios tecnológicos en Perú.

FINALIDAD DEL ESTUDIO

Esta investigación propone una **metodología híbrida** que combine el **Análisis Jerárquico de Proceso (AHP)** con la **Programación Lineal Entera Mixta (PLEM)**.

El **AHP** permite realizar una **evaluación multicriterio** de los ingenieros disponibles, considerando factores como experiencia, disponibilidad, costos, competencias técnicas y compatibilidad con los proyectos. De esta forma, se obtiene un puntaje ponderado que refleja qué tan adecuado es cada ingeniero para cada proyecto.

Posteriormente, la **PLEM** se utiliza para **optimizar la asignación final**, buscando minimizar los costos y tiempos, mientras se respetan restricciones como presupuesto, disponibilidad horaria y cantidad mínima de ingenieros por proyecto.

Esta combinación metodológica permite tomar decisiones más informadas, objetivas y alineadas con las prioridades estratégicas de la empresa

Esto contribuirá a mejorar la gestión de proyectos en empresas peruanas del sector, asegurando una distribución equitativa del talento humano y un cumplimiento más eficiente de los plazos y presupuestos establecidos.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

Plantear un modelo de optimización basado en AHP y Programación Lineal Entera Mixta para mejorar la asignación de ingenieros a los proyectos de ciberseguridad en la empresa Imperia Soluciones Tecnológicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y definir los criterios relevantes para la asignación de ingenieros a proyectos.
- Aplicar el método AHP para jerarquizar los criterios y calcular un puntaje ponderado por ingeniero-proyecto.
- Formular un sistema de Programación Lineal Entera Mixta que optimice la asignación de recursos humanos, considerando disponibilidad, costos y requisitos del proyecto.
- Validar el modelo con datos reales y analizar los resultados en términos de eficiencia, costo y tiempos de ejecución.

PROBLEMÁTICA

La asignación eficiente de ingenieros en proyectos de ciberseguridad representa un desafío creciente tanto a nivel global como nacional. En un contexto marcado por la rápida evolución de las amenazas digitales y el crecimiento exponencial de la demanda de servicios especializados, las organizaciones enfrentan serias dificultades para cubrir sus necesidades operativas con el talento humano disponible.

En el caso de Perú, este problema se intensifica debido a la escasez de profesionales capacitados en ciberseguridad, lo que impacta directamente en la capacidad de las empresas tecnológicas para planificar, ejecutar y cerrar proyectos de manera eficiente. La situación se vuelve aún más crítica cuando se trata de empresas que gestionan múltiples proyectos de ciberseguridad simultáneamente, como es el caso de Imperia – Soluciones Tecnológicas.

CONTEXTO GLOBAL Y REGIONAL

A nivel mundial, la brecha en la fuerza laboral de ciberseguridad es alarmante. En 2022, se estimó una escasez de 3.4 millones de profesionales necesarios para proteger adecuadamente los activos digitales. Este déficit se atribuye principalmente al vertiginoso aumento de las amenazas cibernéticas, la acelerada digitalización de los servicios y la limitada capacidad de los sistemas educativos y de formación para generar expertos a la velocidad requerida.

En América Latina y el Caribe, la situación no es distinta. Según datos recientes, la región enfrenta una carencia aproximada de 1.3 millones de profesionales en ciberseguridad. Este panorama limita gravemente la capacidad de las organizaciones para responder de forma oportuna y efectiva ante los crecientes riesgos informáticos.

REALIDAD NACIONAL: EL CASO DEL PERÚ

En Perú, el déficit de talento en tecnologías de la información también es notable. Actualmente, se estima que existen alrededor de 17,000 profesionales en programación y carreras afines, incluyendo ciberseguridad e ingeniería de sistemas. Esta cifra resulta insuficiente frente a la creciente demanda del mercado. Además, en 2022, el país registró aproximadamente 15,000 millones de intentos de ciberataques, lo que representa un incremento del 35% con respecto al año anterior, reflejando la urgencia de reforzar las capacidades humanas en este ámbito.

IMPACTO EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CIBERSEGURIDAD

La escasez de profesionales calificados repercute directamente en la gestión eficiente de proyectos de ciberseguridad. Las empresas del sector enfrentan diversas dificultades, entre las que se destacan:

Escasez de profesionales disponibles: La limitada cantidad de ingenieros especializados impide cubrir múltiples proyectos de forma simultánea.

- **Sobrecarga laboral:** Algunos profesionales asumen más tareas de las que pueden gestionar eficientemente, lo que conlleva al agotamiento y disminución en la calidad del servicio.
- **Distribución desigual del talento:** La asignación inadecuada de ingenieros, sin considerar competencias específicas, afecta la eficacia técnica de los proyectos.
- **Retrasos en los cronogramas:** La falta de un modelo optimizado de asignación puede provocar demoras significativas, afectando la satisfacción del cliente.
- **Incremento de costos operativos:** La gestión ineficiente del recurso humano puede derivar en sobrecostos innecesarios y reducir la rentabilidad empresarial.

Estas dificultades resaltan la necesidad urgente de implementar herramientas de apoyo a la toma de decisiones que permitan mejorar la asignación de personal en proyectos complejos.

En este sentido, el desarrollo de un **modelo matemático de optimización** que considere variables como disponibilidad, competencias técnicas y costos, se vuelve una solución estratégica para las organizaciones.

RELEVANCIA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Este trabajo se encuentra alineado con el **Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 8** de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas: "Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos". Particularmente, esta investigación contribuye a dicho objetivo en los siguientes aspectos:

- Promueve una distribución equitativa de la carga laboral, garantizando condiciones de trabajo más justas para los ingenieros.
- Mejora la productividad del talento humano a través de una asignación basada en criterios objetivos y técnicos.
- Aporta a la sostenibilidad financiera de las empresas mediante la optimización de recursos y reducción de tiempos improductivos.
- Impulsa la innovación en la gestión del capital humano, mediante la aplicación de técnicas cuantitativas avanzadas.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Abordar esta problemática no solo tiene un impacto positivo en la eficiencia operativa de las empresas tecnológicas, sino también un valor social, al contribuir con mejores condiciones laborales, fomentar el empleo de calidad y aumentar la competitividad del sector tecnológico en el país. Por lo tanto, el desarrollo de un modelo de optimización para la asignación de ingenieros en proyectos de ciberseguridad representa una solución práctica, pertinente y de alto impacto tanto a nivel organizacional como en el marco de desarrollo económico sostenible.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la empresa peruanas de ciberseguridad, como *Imperia Soluciones Tecnológicas*, existe una gestión ineficiente en la asignación de ingenieros a los diversos proyectos mensuales, lo que genera sobrecarga laboral, desequilibrio en la distribución del talento, retrasos en la ejecución de tareas y aumento de costos operativos. Esta situación se debe a la falta de un modelo estructurado que considere criterios técnicos, económicos y humanos para una asignación óptima del personal.

PREGUNTA PRINCIPAL

¿Cómo optimizar la asignación de ingenieros a los proyectos de ciberseguridad en Imperia Soluciones Tecnológicas, mediante un modelo basado en AHP y Programación Lineal Entera Mixta?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué criterios deben considerarse para evaluar la idoneidad de los ingenieros para cada proyecto?
- ¿Cómo se puede jerarquizar la importancia de dichos criterios utilizando el método AHP?
- ¿Cómo estructurar un modelo de Programación Lineal Entera Mixta que permita asignar ingenieros a proyectos de manera óptima?
- ¿Qué mejoras se obtendrían en la eficiencia operativa de la empresa al aplicar el modelo propuesto?

LIMITACIONES

Disponibilidad de datos reales y actualizados por parte de la empresa.

Subjetividad en la valoración de criterios en el AHP, aunque se mitiga con técnicas de consistencia.

Cambios frecuentes en los requerimientos de los proyectos pueden afectar la estabilidad del modelo.

DELIMITACIONES

El estudio se enfocará únicamente en la asignación de **ingenieros de ciberseguridad** dentro de la empresa **Imperia Soluciones Tecnológicas**, ubicada en Lima, Perú.

Se analizarán proyectos ejecutados en un **horizonte mensual**.

No se incluye la asignación de otros recursos (como hardware o software).

El modelo será aplicado a un conjunto de proyectos definidos, no al portafolio completo de la empresa.

CAPITULO IV: MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES NACIONALES

Paredes, J. (2020). "Optimización de recursos humanos en proyectos de TI utilizando programación lineal entera". Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Resumen:

Este estudio plantea el prototipo de programación lineal donde se busca optimizar la asignación de recursos humanos para la consultora especializada en tecnología que se encuentra en la ciudad de Lima-Perú. La investigación evidencia una mejora del 18% en eficiencia operativa al aplicar restricciones de disponibilidad horaria y presupuesto. Es un claro ejemplo de cómo las técnicas de optimización pueden aplicarse al entorno local para resolver problemas prácticos de gestión de talento en el sector tecnológico.

Salazar, M. (2022). "Asignación de ingenieros a proyectos tecnológicos mediante análisis multicriterio". Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen:

Este trabajo emplea el método AHP para priorizar criterios de asignación (experiencia, costo y carga laboral) en una empresa de desarrollo de software en Lima. Se concluye que el uso de AHP permite decisiones más estructuradas y objetivas, mejorando el desempeño de los equipos. Es un antecedente nacional directo en la aplicación del análisis multicriterio en recursos humanos tecnológicos.

Calixto, J. (2023). “Asignación de la mano de obra para la reducción de costo y eficiencia de la producción de un modelo de carrocería de Carroces EIRL – noviembre 2023" Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Resumen:

En su trabajo de suficiencia profesional, Jean Pierre Alexander Calixto Ojeda desarrolló un modelo matemático apoyado en programación lineal con el objetivo de mejorar la asignación de la mano de obra en la producción de un modelo de carrocería en la empresa Carroces EIRL. El estudio consideró variables como la disponibilidad del personal, la eficiencia en la asignación de tareas y los costos laborales, buscando minimizar los costos totales asociados a la producción. Para resolver el modelo, se utilizó software especializado en programación lineal, permitiendo obtener una asignación óptima de la mano de obra, considerando tanto las restricciones de capacidad como los costos laborales asociados.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Esperanza, Diana.(2021) "Selección del medio de comercio digital de la estrategia e-commerce B2C utilizando la metodología de toma de decisión multicriterio AHP. Estudio de caso Proyecto Tienda Universitaria" Universidad Nacional de Colombia

Resumen:

El objetivo de este estudio fue elegir el medio de comercio digital más adecuado para implementar una estrategia e-commerce B2C en el proyecto Tienda Universitaria – TU de la Universidad Nacional de Colombia, aplicando la metodología de toma de decisión multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Los resultados evidenciaron que la alternativa con mejor desempeño fue el Marketplace Mercado Libre, destacándose por su solidez logística y baja inversión inicial, aunque con una diferencia mínima respecto al desarrollo propio, que ofrecía mayor personalización. Como conclusión, el uso del AHP permitió una evaluación estructurada y consistente de las alternativas, garantizando una decisión informada basada en criterios clave como la seguridad en pagos en línea y la inversión requerida, aportando confianza a las directivas universitarias y generando un modelo replicable para futuras decisiones tecnológicas.

Zhang, Hu & Montalvo, Jordan.(2023) “Plataforma web basada en el modelo AHP difuso para la evaluación, seguimiento y control de propuestas de ideas de negocio de base tecnológica” Universidad de las Fuerzas Armadas

Resumen:

El presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar una plataforma web que permita la evaluación, seguimiento y control de propuestas de ideas de negocio de base tecnológica, como parte del diseño de una preincubadora virtual, utilizando el modelo de análisis jerárquico multicriterio (AHP) combinado con lógica difusa. La metodología se basó en el enfoque ágil SCRUM, iniciando con el análisis e identificación de requisitos funcionales y no funcionales, y avanzando en sprints que permitieron cumplir con los entregables dentro de los plazos establecidos. Como resultado, se desarrolló exitosamente un prototipo funcional alineado con las necesidades del área de Emprendimiento, validado mediante pruebas de usabilidad con el cuestionario SUS y gestionado con herramientas como MantisBT para el control de incidencias. Se concluye que la plataforma cumple con los requerimientos iniciales, demostrando viabilidad técnica y funcional, y se recomienda su implementación en servidores locales y la continuación de las fases restantes para completar el sistema de preincubación.

Buitrago,Allison.&Lancheros, Juan.(2020) "Implementación de la metodología analytic hierarchy process (ahp) aplicada a la valoración de jugadores para una posición en el campo en clubes deportivos del fútbol profesional colombiano (fpc)" Universidad de América de Colombia

Resumen:

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar una herramienta de valoración para estimar el valor de transferencia de delanteros del Fútbol Profesional Colombiano (FPC), aplicando la metodología de toma de decisión multicriterio Analytic Hierarchy Process (AHP). La metodología consistió en la definición de criterios cualitativos y cuantitativos relevantes para la posición evaluada, la consulta a expertos del ámbito futbolístico, y la aplicación de matrices de comparación pareada para determinar pesos relativos que permitieran priorizar a los jugadores. Los resultados evidenciaron la ausencia de modelos validados para la valorización de futbolistas en el país, destacando que AHP ofrece una alternativa flexible y funcional aún con información limitada, aunque requiere automatización para mayor agilidad. Se probó la herramienta con 20 delanteros, uno por club, demostrando su utilidad en distintos escenarios y su potencial para generar valoraciones consistentes. Se concluye que AHP es una metodología viable para respaldar decisiones de transferencia en el fútbol colombiano, aunque es necesario complementar su aplicación con criterios contextuales y expertos calificados, y considerar su extensión a otras posiciones para valorar plantillas completas.

GESTIÓN DE PROYECTOS TECNOLÓGICOS

La gestión de proyectos tecnológicos comprende la planificación, ejecución y control de iniciativas que involucran componentes tecnológicos como software, hardware, redes y sistemas de seguridad. Este tipo de proyectos exige una administración rigurosa debido a la rapidez de los cambios tecnológicos y la complejidad técnica. Un enfoque eficaz permite entregar productos de calidad, dentro del presupuesto y plazo establecido, maximizando el valor para el cliente y minimizando riesgos.

ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN TI Y CIBERSEGURIDAD

En el ámbito de las tecnologías de la información (TI), especialmente en ciberseguridad, la asignación de recursos (humanos, financieros y temporales) es crítica. El talento especializado es escaso y costoso, y cada proyecto requiere habilidades específicas. La mala asignación de ingenieros puede traducirse en ineficiencias, sobrecostos y vulnerabilidades en la implementación de soluciones de seguridad.

Entre los principales desafíos se encuentran:

- Limitación de personal con experiencia en ciberseguridad.
- Proyectos con plazos ajustados y múltiples entregables.
- Necesidad de asignar recursos a múltiples proyectos simultáneamente.

MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN: INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN LINEAL

La programación lineal (PL) es una técnica matemática utilizada para encontrar la mejor solución posible (máximo o mínimo) en un problema con restricciones lineales. Se aplica ampliamente en la asignación de recursos, planificación de producción y logística.

En este contexto, se puede usar para:

- Minimizar los costos de asignación de ingenieros.
- Maximizar la eficiencia del uso de tiempo y presupuesto.
- Considerar restricciones como disponibilidad, habilidades técnicas, y carga laboral.

La **Programación Lineal Entera Mixta (PLEM)** se utiliza cuando algunas variables deben ser enteras (por ejemplo, asignaciones binarias), combinando variables continuas y discretas.

FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO (AMC)

El AMC es una técnica de apoyo a la toma de decisiones que permite evaluar múltiples alternativas basadas en varios criterios, los cuales pueden ser cualitativos y cuantitativos. En proyectos tecnológicos, el AMC permite integrar factores técnicos, económicos y humanos para tomar decisiones más equilibradas.

Se utiliza cuando:

- Existen varias alternativas posibles (por ejemplo, asignar un ingeniero A, B o C).
- Los criterios de evaluación son múltiples (experiencia, costo, certificaciones).
- Se requiere transparencia y trazabilidad en las decisiones.

PRINCIPIOS DEL AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

El AHP, desarrollado por Thomas Saaty, es uno de los métodos más reconocidos dentro del AMC. Consiste en descomponer un problema complejo en una jerarquía de niveles, comparando los elementos por pares y asignando prioridades mediante una escala numérica.

PASOS DEL AHP:

- Definir el objetivo del problema.
- Estructurar la jerarquía: objetivo → criterios → alternativas.
- Comparar por pares los criterios y las alternativas.
- Calcular pesos relativos (vectores propios).
- Verificar la consistencia de los juicios.
- Obtener un ranking global de las alternativas.

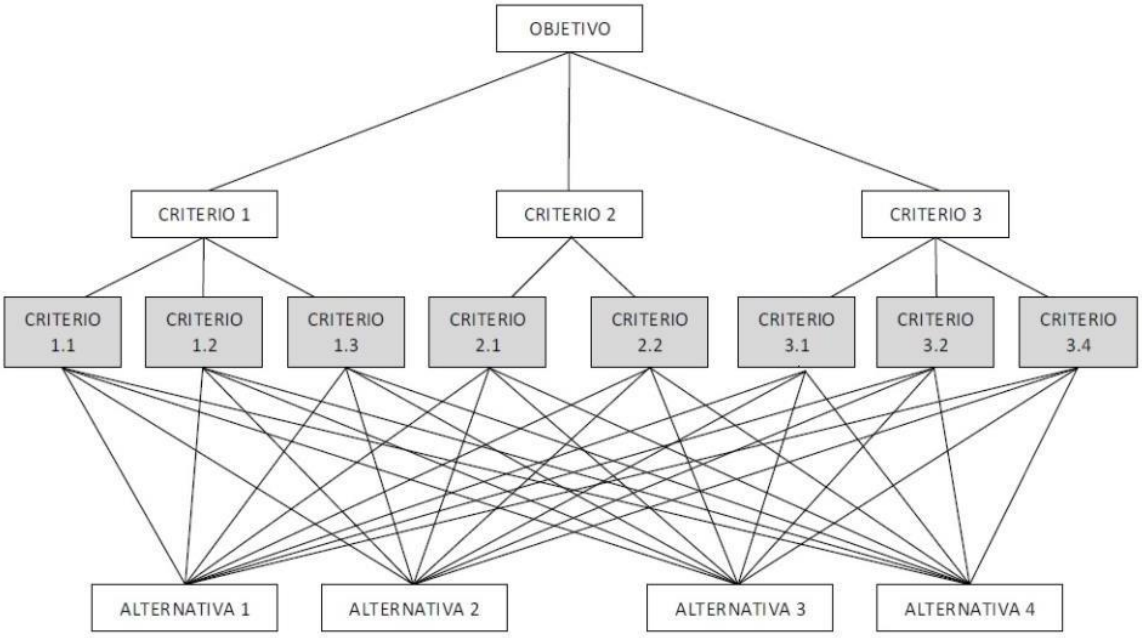


Figure 1: Ejemplo de Estructura Jerárquica AHP

Fuente: Yepes (2018)

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Tabla 1: Escala fundamental de comparación por pares

Fuente: Saaty (1980).

PROCESO DE JERARQUIZACIÓN

La jerarquización permite priorizar alternativas mediante la estructuración lógica del problema. En el caso de asignación de ingenieros, se jerarquizan criterios como experiencia, certificaciones, disponibilidad y costo. Luego se evalúan los candidatos respecto a cada criterio, permitiendo una decisión fundamentada.

APLICACIONES EN DIFERENTES ÁREAS

Tanto el AHP como la programación lineal se utilizan ampliamente en:

- Asignación de personal a proyectos complejos.
- Selección de proveedores o tecnologías.
- Evaluación de riesgos.
- Priorización de inversiones.
- Estas herramientas apoyan decisiones críticas en ingeniería, garantizando eficiencia, trazabilidad y optimización de recursos.

RELACIÓN CON LA ODS 8: TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

La ODS 8 busca fomentar el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos. Este estudio contribuye a esta meta al:

- Promover la gestión eficiente del talento humano especializado.
- Mejorar las condiciones de trabajo de los ingenieros mediante una distribución equilibrada de carga laboral.
- Optimizar los procesos empresariales, mejorando la competitividad del sector tecnológico peruano.

CAPITULO V: METODOLOGÍA

M**etodología híbrida** que combine el **Análisis Jerárquico de Proceso (AHP)** con la **Programación Lineal Entera Mixta (PLEM)** teniendo en cuenta las siguientes variables:

- **Recursos humanos:** cantidad y especialización del personal disponible.
- **Presupuesto:** distribución de costos en función de las tareas.
- **Tiempo:** duración estimada de cada actividad y holguras posibles.

Las restricciones del modelo incluyen:

- Disponibilidad limitada de personal y presupuesto.
- Dependencias entre tareas del proyecto.
- Prioridades establecidas por la dirección del proyecto.

Resultados Esperados

Se espera que la implementación del modelo permita:

- **Reducción de costos operativos** mediante la optimización del uso de recursos.
- **Mayor cumplimiento de los plazos** al minimizar retrasos en la ejecución.
- **Mejor aprovechamiento del talento humano** a través de una distribución equitativa de cargas de trabajo.

Conclusión

La optimización de recursos en proyectos tecnológicos es un desafío crítico que puede abordarse eficazmente mediante técnicas de Programación Lineal y análisis jerárquico de procesos. La aplicación de este modelo contribuirá a una mejor gestión y toma de decisiones en la planificación de proyectos, asegurando su viabilidad y éxito.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

APLICADA

Busca resolver un problema práctico específico en la empresa "Imperia Soluciones Tecnológicas", optimizando la asignación de ingenieros a proyectos de ciberseguridad mediante herramientas cuantitativas.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Correlacional – Explicativo.

Correlacional porque se analizará la relación entre variables como habilidades del personal, costos, tiempos y requerimientos de los proyectos.

Explicativo porque se identificará el efecto de aplicar un modelo de optimización en la eficiencia y asignación de recursos humanos.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Cuantitativo – No experimental – Transversal.

Cuantitativo, porque se utilizarán datos numéricos y técnicas estadísticas (AHP y PLEM).

No experimental, ya que no se manipulan variables directamente, sino que se estudian situaciones existentes.

Transversal, porque la recolección de datos se hará en un solo momento o periodo definido.

JUSTIFICACIÓN

Teórica: El estudio contribuirá al desarrollo de un modelo que combina dos enfoques potentes: el Análisis Multicriterio (AHP) y la Programación Lineal Entera Mixta, lo cual puede aplicarse a otras empresas tecnológicas con problemas similares.

Práctica: Permitirá a Imperia Soluciones Tecnológicas mejorar la distribución de sus ingenieros en función de sus habilidades, disponibilidad y costos, reduciendo sobrecargas, retrasos y gastos innecesarios.

Social: Favorece la calidad del empleo (ODS 8), al propiciar una asignación más justa de cargas laborales.

Empresarial: Optimiza la toma de decisiones y los recursos disponibles, incrementando la competitividad de la empresa en el sector de ciberseguridad.

DELIMITACIÓN

Espacial: Empresa Imperia Soluciones Tecnológicas, con sede en Lima, Perú.

Temporal: El estudio se desarrollará con base en los datos de asignación de proyectos de los últimos 6 meses.

Temática: Optimización de la asignación de recursos humanos (ingenieros en ciberseguridad).

Población: Personal de ingeniería asignado a proyectos mensuales en la empresa.

VIABILIDAD

Acceso a datos: La empresa está dispuesta a brindar información sobre proyectos, personal disponible, habilidades, tiempos y costos.

Disponibilidad de herramientas: Se cuenta con software como Excel, Expert Choice (o similar), y programas de optimización como LINGO o Solver.

Capacidad técnica: El investigador domina los fundamentos del AHP y la PLEM, así como herramientas estadísticas y de programación.

MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entrevistas estructuradas con gerentes y líderes de proyectos para definir los criterios de asignación.

Encuestas al personal técnico para valorar su percepción sobre carga laboral y competencias.

Fichas técnicas con información sobre disponibilidad horaria, habilidades y experiencia de los ingenieros.

Base de datos de proyectos para extraer número de proyectos, tiempos requeridos y presupuesto.

DATOS USADOS PARA EL ESTUDIO

Para desarrollar el presente trabajo recopilamos los siguientes datos:

1. Datos sobre los Recursos Humanos

- Número de empleados disponibles en el área de proyectos tecnológicos.
- Especialización y habilidades técnicas de cada empleado.
- Horas de trabajo disponibles por empleado (turnos, dedicación, etc.).
- Costo por hora de cada empleado o equipo de trabajo.

2. Información sobre los Proyectos Tecnológicos

- Lista de proyectos en curso y planeados.
- Descripción de cada proyecto y sus objetivos.
- Actividades y tareas necesarias para completar cada proyecto.
- Restricciones o prioridades definidas por la empresa.

3. Datos Financieros y Presupuestarios

- Presupuesto asignado a cada proyecto.
- Costos operativos estimados (materiales, software, equipos, etc.).
- Historial de gastos en proyectos previos para estimaciones más precisas.

4. Información sobre Plazos y Tiempo

- Duración estimada de cada actividad del proyecto.
- Tiempos de holgura y márgenes de error permitidos.
- Fechas de entrega esperadas y plazos establecidos por clientes o dirección.

5. Restricciones y Políticas de la Empresa

- Reglas internas sobre asignación de personal y presupuesto.
- Criterios de asignación de proyectos y recursos.
- Restricciones externas (normativas legales, contratos con clientes, etc.).

Extras (Opcionales, pero Útiles)

- Datos históricos de proyectos anteriores (costos, tiempos de finalización, éxito o fallas).
- Uso actual de herramientas de gestión de proyectos (Trello, Jira, MS Project, etc.).
- Opiniones o encuestas a empleados sobre la eficiencia en la asignación de recursos.

FUNCIÓN OBJETIVO

Optimizar la asignación de ingenieros a proyectos según criterios técnicos, económicos y de disponibilidad.

Estructura Jerárquica del AHP

Objetivo General: Asignar ingenieros óptimamente a proyectos de ciberseguridad.

Ingenieros:

Lizeth Cajusol

Stefanny Lume

Omar Maiz

Eddy Vargas

Isaias Paredes

Criterios de decisión:

Criterio	Descripción
Experiencia Técnica	Años de experiencia en proyectos similares.
Disponibilidad Horaria	Horas reales disponibles para el proyecto.
Costo por hora	Remuneración asociada al ingeniero.
Carga laboral actual	Nivel de ocupación presente del ingeniero.
Urgencia de proyectos	Nivel de urgencia para terminar el proyecto y no caiga en penalidades
Certificaciones	Cantidad de certificados en seguridad (e.g., CEH, CISSP, etc.).

Información por Criterio para cada Ingeniero

- Experiencia en ciberseguridad (años o nivel)

  Ejemplo: A = 5 años, B = 2 años, etc.

- Disponibilidad de horas para el mes (número de horas)

  Ejemplo: A = 120 h, B = 80 h, etc.

- Costo por hora del ingeniero (en soles)

  Ejemplo: A = S/100, B = S/80, etc.

- Carga laboral respecto a otras responsabilidades en la empresa (calificación 1 a 5)

  Evalúa qué tan bien el perfil se ajusta al proyecto actual.

  Ejemplo: A = 5, B = 3, etc.

- Urgencia del proyecto (peso relativo si están en proyectos prioritarios: 1–5)

  Puedes asignar una urgencia para cada proyecto y asociarla al ingeniero si está asignado o disponible para él.

  Ejemplo: A = 5, B = 3, etc.

- Cantidad de certificaciones (peso relativo si están en proyectos similares: 1–5)

  Ejemplo: A = 5, B = 3, etc.

Creación de matriz

CRITERIOS/INGENIEROS	Liseth Cajusol	StefannyLume	Omar Maiz	Eddy Vargas	Isaias Paredes
Experiencia	5	3	5	4	1
Disponibilidad (horas)	90	160	120	140	180
Costo	25	30	30	20	15
Carga Laboral	4	3	5	2	1
Urgencia de Proyectos	4	3	5	4	3
Certificaciones	3	4	4	5	3

Matriz de Pares de Saaty

Matriz de comparación por pares de Saaty usando el método AHP, basándonos en el orden de:

Orden de importancia:

1. Experiencia
2. Disponibilidad
3. Costo
4. Urgencia de Proyectos
5. Certificaciones
6. Carga Laboral

Asignación de Juicios en la Matriz de Comparación por Pares (AHP)

Para la construcción de la matriz de comparación por pares, se utilizó la **escala fundamental propuesta por Saaty (1980)**, que permite cuantificar las preferencias entre criterios de decisión. Esta escala asigna valores del 1 al 9, donde:

- **1** indica igualdad de importancia entre dos criterios,
- **3** indica una importancia moderada,
- **5** una fuerte importancia,
- **7** una muy fuerte importancia,
- **9** una importancia extrema.

Valores intermedios (2, 4, 6, 8) pueden utilizarse para matizar juicios cuando sea necesario. Según el juicio de prioridad establecido por el equipo evaluador siguiendo un enfoque subjetivo fundamentado en la experiencia de gestión de proyectos de ciberseguridad, se consideró el siguiente **orden de importancia de los criterios**:

1. Experiencia > 2. Disponibilidad > 3. Costo > 4. Urgencia del proyecto > 5. Certificaciones > 6. Carga laboral.

Con base en ese orden de relevancia, se procedió a **asignar los valores numéricos de forma coherente**, siguiendo estos lineamientos:

- **Experiencia** (C1) fue considerada **mucho más importante** que los demás criterios, por lo que en las comparaciones directas con otros criterios, se asignaron **valores entre 5 y 9**, reflejando una fuerte, muy fuerte o extrema importancia.

- **Disponibilidad** (C2), siendo el segundo criterio más relevante, fue comparado con los siguientes asignando **valores entre 3 y 7**, indicando una **moderada a fuerte importancia** frente a ellos.
- **Costo** (C3), como tercer criterio, recibió valores intermedios (entre 3 y 5) al ser comparado con los criterios de menor peso relativo.
- **Urgencia del proyecto** (C4) fue considerado con una **importancia ligera a moderada** respecto a los criterios superiores, y **superior a los dos últimos criterios**.
- **Certificaciones** (C5) fueron valoradas como **menos relevantes** que los criterios técnicos operativos, pero más relevantes que la carga laboral, asignándose valores entre 2 y 4.
- **Carga laboral** (C6), el criterio con menor prioridad, fue superado en todas las comparaciones y recibió los valores recíprocos correspondientes.

Justificación de los juicios asignados en la matriz de comparación por pares (método AHP)

En el proceso de toma de decisiones para la asignación óptima de ingenieros a proyectos de ciberseguridad, se identificaron seis criterios clave: experiencia, disponibilidad, costo, urgencia del proyecto, certificaciones y carga laboral. Los valores asignados en la matriz de Saaty responden a juicios subjetivos fundamentados en la experiencia en gestión de proyectos tecnológicos y alineados con las prioridades estratégicas de la empresa.

Comparación	Valor Saaty	Juicio verbal	Justificación breve
Experiencia vs Disponibilidad	5	Fuerte importancia	La experiencia técnica es crítica en proyectos de ciberseguridad de alto impacto.
Experiencia vs Costo	7	Muy fuerte importancia	Aunque el costo es importante, la experiencia garantiza calidad y menor riesgo.
Experiencia vs Urgencia	7	Muy fuerte importancia	La experiencia permite manejar incluso proyectos urgentes con eficacia.
Experiencia vs Certificaciones	8	Muy fuerte a extrema	Las certificaciones validan conocimientos, pero la experiencia demuestra resultados.
Experiencia vs Carga laboral	9	Importancia extrema	Es mejor reducir la carga laboral que comprometer experiencia en tareas críticas.
Disponibilidad vs Costo	3	Moderada importancia	Tener horas disponibles permite cumplir con cronogramas más que ahorrar costos.
Disponibilidad vs Urgencia	5	Fuerte importancia	La urgencia requiere disponibilidad inmediata para actuar con rapidez.
Disponibilidad vs Certificaciones	6	Fuerte a muy fuerte	Aunque las certificaciones son relevantes, se requiere personal disponible.
Disponibilidad vs Carga laboral	7	Muy fuerte importancia	Alta carga laboral puede impedir disponibilidad real.
Costo vs Urgencia	3	Moderada importancia	Se prioriza cumplir plazos sobre ahorrar costos en proyectos urgentes.
Costo vs Certificaciones	4	Moderada a fuerte	Un ingeniero menos certificado pero más económico podría ser viable.
Costo vs Carga laboral	5	Fuerte importancia	Un ingeniero más económico con menor carga laboral es preferido.
Urgencia vs Certificaciones	2	Ligera importancia	La urgencia requiere acción rápida, no necesariamente altos títulos.
Urgencia vs Carga laboral	4	Moderada a fuerte	Alta urgencia exige disponibilidad inmediata, que se ve afectada por la carga.
Certificaciones vs Carga laboral	3	Moderada importancia	Certificación es más relevante que carga si la calidad del trabajo es prioridad.

Matriz de comparación por pares (Saaty 1–9)

Completamos la matriz con los valores y sus recíprocos:

Completar la matriz por reciprocidad

El resto de la matriz se completa respetando la regla:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Por ejemplo, si Experiencia vs Costo = 7, entonces Costo vs Experiencia = 1/7.

Esto produce una matriz simétrica recíproca de 6x6.

Criterios	C1 (Exp)	C2 (Disp)	C3 (Costo)	C4 (Urg)	C5 (Cert)	C6 (Carga)
C1	1	5	7	7	8	9
C2	1/5	1	3	5	6	7
C3	1/7	1/3	1	3	4	5
C4	1/7	1/5	1/3	1	2	4
C5	1/8	1/6	1/4	1/2	1	3
C6	1/9	1/7	1/5	1/4	1/3	1

Criterios	C1 (Exp)	C2 (Disp)	C3 (Costo)	C4 (Urg)	C5 (Cert)	C6 (Carga)
C1	1	5	7	7	8	9
C2	0.2	1	3	5	6	7
C3	0.143	0.33	1	3	4	5
C4	0.143	0.2	0.33	1	2	4
C5	0.125	0.166	0.25	0.5	1	3
C6	0.111	0.143	0.2	0.25	0.33	1

Normalizar la matriz

Se calcula la **suma de cada columna** y luego se divide cada valor de la matriz por la suma de su columna respectiva. Esto da la **matriz normalizada**.

Ejemplo (columna experiencia):

Criterio	Valor original
C1	1
C2	1/5 = 0.2
C3	1/7 ≈ 0.143
C4	1/7 ≈ 0.143
C5	1/8 ≈ 0.125
C6	1/9 ≈ 0.111

Suma de la columna ≈ **1 + 0.2 + 0.143 + 0.143 + 0.125 + 0.111 = 1.715**

Ahora dividimos cada valor por esa suma para normalizar:

- Experiencia (fila 1) en columna 1:

$$\frac{1}{1.715} = 0.58309$$

Así se hace con todas las celdas de la matriz para obtener la matriz final

Criterios	C1 (Exp)	C2 (Disp)	C3 (Costo)	C4 (Urg)	C5 (Cert)	C6 (Carga)
C1	0.583090379	0.731346995	0.594227504	0.417910448	0.375058603	0.321428571
C2	0.116618076	0.146269399	0.25466893	0.298507463	0.281293952	0.25
C3	0.081632653	0.048268902	0.084889643	0.179104478	0.187529301	0.178571429
C4	0.081632653	0.02925388	0.028013582	0.059701493	0.093764651	0.142857143
C5	0.072886297	0.024383109	0.021222411	0.029850746	0.046882325	0.071428571
C6	0.064139942	0.020477716	0.016977929	0.014925373	0.015471167	0.035714286

Calcular el peso promedio (vector de prioridades)

Una vez que la matriz está normalizada, se calcula el **promedio de cada fila**. Ese promedio es el **peso del criterio**.

En el caso de experiencia, supongamos que la suma de los valores normalizados de su fila fue 3.230625

Divides entre el número de criterios (6):

$$\frac{3.230625}{6} = 0.504$$

Peso del criterio experiencia = 0.504 o 50.4 %

Calculo de pesos final de los criterios

Criterio	Valor original
EXPERIENCIA	**0.504**
DISPONIBILIDAD	**0.225**
COSTO	**0.127**
URGENCIA DE PROYECTO	**0.073**
CERTIFICACIONES	**0.044**
CARGA LABORAL	**0.028**

Puntajes de ingenieros por criterio

Tomamos los datos y normalizamos cada criterio

CRITERIOS/INGENIEROS	Liseth Cajusol	StefannyLume	Omar Maiz	Eddy Vargas	Isaias Paredes
Experiencia	5	3	5	4	1
Disponibilidad (horas)	90	160	120	140	180
Costo	25	30	30	20	15
Carga Laboral	4	3	5	2	1
Urgencia de Proyectos	4	3	5	4	3
Certificaciones	3	4	4	5	3

EXPERIENCIA

Total: 5+3+5+4+1 = 18

Ingeniero	Años	Puntaje
Lizeth	5	5/18 = 0.278
Stefanny	3	0.167
Omar	5	0.278
Eddy	4	0.222
Isaias	1	0.056

DISPONIBILIDAD DE HORAS

Total: 90+160+120+140+180 = 690

Ingeniero	Disponibilidad	Puntaje
Lizeth	90	0.13
Stefanny	160	0.232
Omar	120	0.174
Eddy	140	0.203
Isaias	180	0.261

COSTO DE HORAS

Primero invertimos

Ingeniero	Costo	1/costo
Lizeth	25	1/25 = 0.040
Stefanny	30	1/30 = 0.033
Omar	30	1/30 = 0.033
Eddy	20	1/20 = 0.050
Isaias	15	1/15 = 0.066

Total inversos: 0.040 + 0.033 + 0.033 + 0.050 + 0.066 = 0.222

Ingeniero	Costo Normalizado
Lizeth	0.18
Stefanny	0.149
Omar	0.149
Eddy	0.225
Isaias	0.297

CARGA LABORAL

Total: 4+3+5+2+1 = 15

Ingeniero	Carga laboral	Puntaje
Lizeth	4	0.267
Stefanny	3	0.2
Omar	5	0.333
Eddy	2	0.133
Isaias	1	0.067

URGENCIA DE PROYECTOS

Total: 4 + 3 + 5 + 4 + 3 = 19

Ingeniero	Urgencia de proyectos	Puntaje
Lizeth	4	0.211
Stefanny	3	0.158
Omar	5	0.263
Eddy	4	0.211
Isaias	3	0.158

CERTIFICACIONES

Total: 3 + 4 + 4 + 5 + 3 = 19

Ingeniero	Certificaciones	Puntaje
Lizeth	3	0.158
Stefanny	4	0.211
Omar	4	0.211
Eddy	5	0.263
Isaias	3	0.158

Pesos AHP por ingeniero (calculados como producto de criterios × pesos):

LIZETH:

CRITERIOS/INGENIEROS
Experiencia = **0.504 X 0.278 = 0.140112**
Disponibilidad (horas) = **0.225 X 0.13 =0.02925**
Costo = **0.127 X 0.18 =0.02286**
Carga Laboral = **0.028 X 0.267 = 0.007476**
Urgencia de Proyectos = **0.073 X** 0.211 = 0.015403
Certificaciones = **0.044 X** 0.158 = 0.006952

STEFANNY

CRITERIOS/INGENIEROS
Experiencia = **0.504 X** 0.167 **= 0.084168**
Disponibilidad (horas) = **0.225 X** 0.232 **=0.0522**
Costo = **0.127 X** 0.149 **=0.018923**
Carga Laboral = **0.028 X** 0.2 **= 0.0056**
Urgencia de Proyectos = **0.073 X** 0.158 = 0.0011534
Certificaciones = **0.044 X** 0.211 = 0.009284

OMAR

CRITERIOS/INGENIEROS
Experiencia = **0.504 X 0.278 = 0.140112**
Disponibilidad (horas) = **0.225 X** 0.174 **=0.03915**
Costo = **0.127 X** 0.149 **=0.018923**
Carga Laboral = **0.028 X** 0.333 **= 0.009324**
Urgencia de Proyectos = **0.073 X** 0.263 = 0.019199
Certificaciones = **0.044 X** 0.211 = 0.009284

EDDY

CRITERIOS/INGENIEROS
Experiencia = **0.504 X** 0.222 **= 0.111888**
Disponibilidad (horas) = **0.225 X** 0.203 **=0.045675**
Costo = **0.127 X** 0.225 **=0.028575**
Carga Laboral = **0.028 X** 0.133 **= 0.003724**
Urgencia de Proyectos = **0.073 X** 0.211 = 0.015403
Certificaciones = **0.044 X** 0.263 = 0.011572

ISAIAS

CRITERIOS/INGENIEROS
Experiencia = **0.504 X** 0.056 **= 0.028224**
Disponibilidad (horas) = **0.225 X** 0.261 **=0.058725**
Costo = **0.127 X** 0.297 **=0.037719**
Carga Laboral = **0.028 X** 0.067 **= 0.001876**
Urgencia de Proyectos = **0.073 X** 0.158 = 0.011534
Certificaciones = **0.044 X** 0.158 = 0.006952

TABLA FINAL

Ingeniero	Pesos finales
Lizeth	0.222053
Stefanny	0.1713284
Omar	0.235992
Eddy	0.216837
Isaias	0.14503

FUNCIÓN OBJETIVO:

MINIMIZAR EL COSTO TOTAL Y DISPONIBILIDAD DE HORAS AL ASIGNAR INGENIEROS A UN PROYECTO

$$Z= \sum(\alpha \cdot c_i+\beta \cdot 1/(q_i)) \cdot x_i$$

Donde

α=0.127 (peso del costo monetario)

β=0.873 (peso laboral)

c_i: costo por hora

q_i: Puntaje de ingenieros con criterio

Restricciones

Cantidad mínima/máxima de ingenieros (Dato 2 ingenieros por el proyecto)

$$\sum_i = x_i \geq 2$$

Disponibilidad mínima requerida (por horas)

$$\sum_i h_i \cdot x_i \geq H_{mínima}$$

Donde h_i son las horas disponibles.

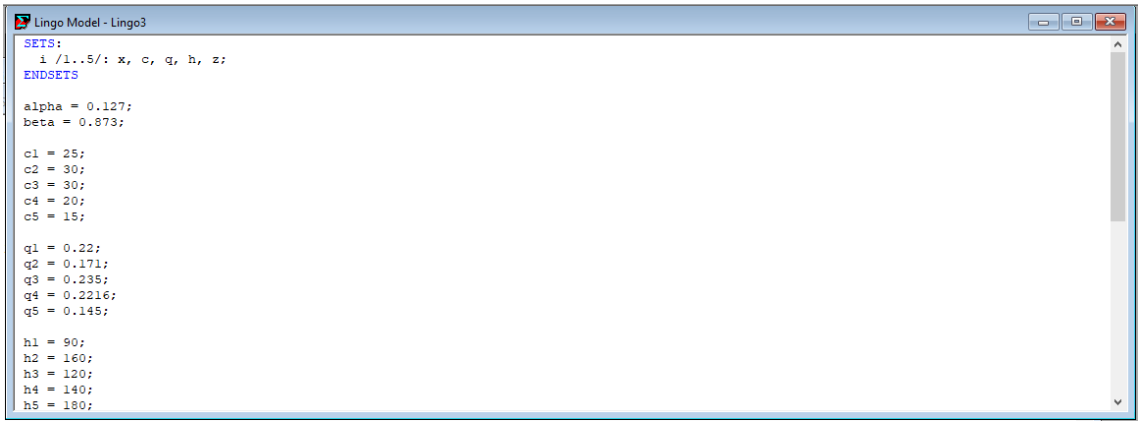
Presupuesto del Proyecto

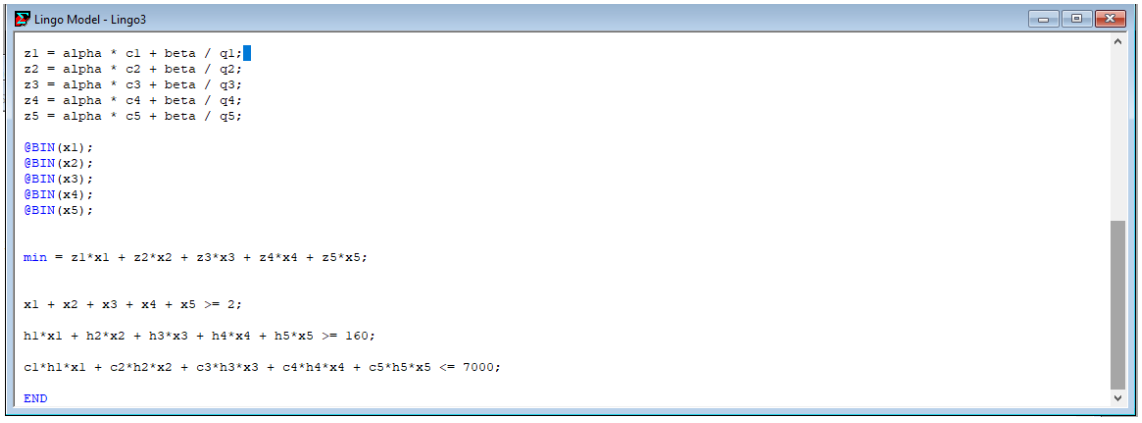
$$\text{Costo total} = \sum x_i \cdot h_i \cdot c_i \leq 7000$$

Variables binarias o continuas:

$$x_i \in \{0,1\}$$

MODELO EN SOFTWARE LINGO





RESULTADOS

Global optimal solution found.

Global optimal solution found.

Objective value:	13.62271
Objective bound:	13.62271
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0
Elapsed runtime seconds:	0.06

Model Class: MILP

Total variables: 30

Nonlinear variables: 0

Integer variables: 5

Total constraints: 4

Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 20

Nonlinear nonzeros: 0

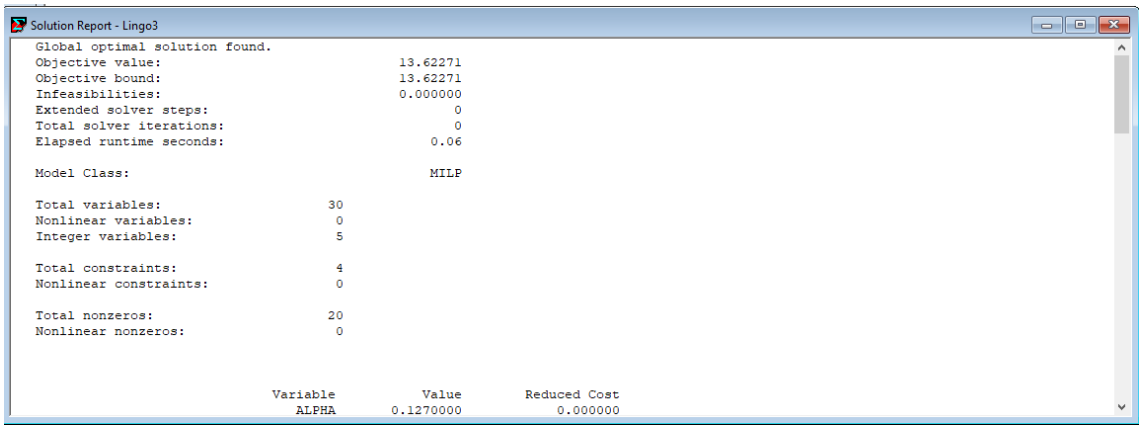
Variable	Value	Reduced Cost
ALPHA	0.1270000	0.000000
BETA	0.8730000	0.000000
C1	25.00000	0.000000
C2	30.00000	0.000000
C3	30.00000	0.000000
C4	20.00000	0.000000
C5	15.00000	0.000000

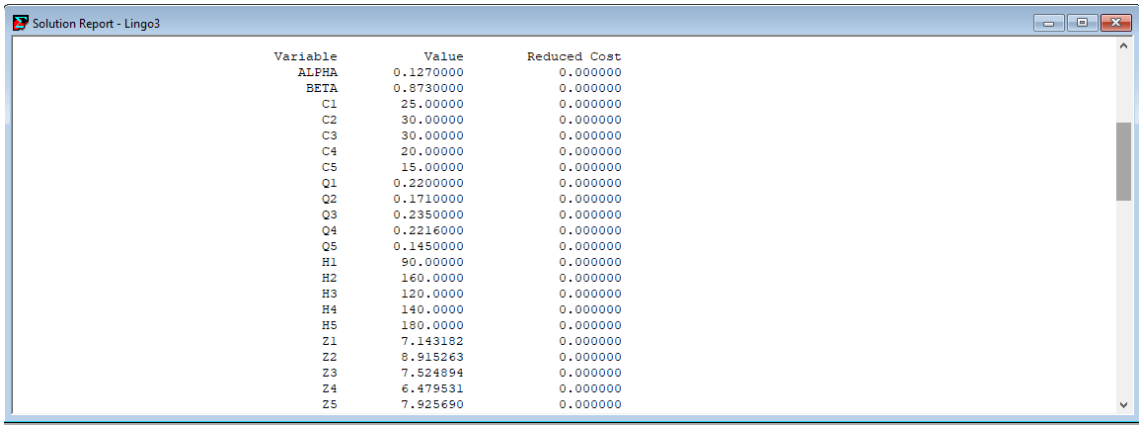
Q1	0.2200000	0.000000
Q2	0.1710000	0.000000
Q3	0.2350000	0.000000
Q4	0.2216000	0.000000
Q5	0.1450000	0.000000
H1	90.00000	0.000000
H2	160.0000	0.000000
H3	120.0000	0.000000
H4	140.0000	0.000000
H5	180.0000	0.000000
Z1	7.143182	0.000000
Z2	8.915263	0.000000
Z3	7.524894	0.000000
Z4	6.479531	0.000000
Z5	7.925690	0.000000
X1	1.000000	7.143182
X2	0.000000	8.915263
X3	0.000000	7.524894
X4	1.000000	6.479531
X5	0.000000	7.925690
X(1)	0.000000	0.000000
X(2)	0.000000	0.000000
X(3)	0.000000	0.000000

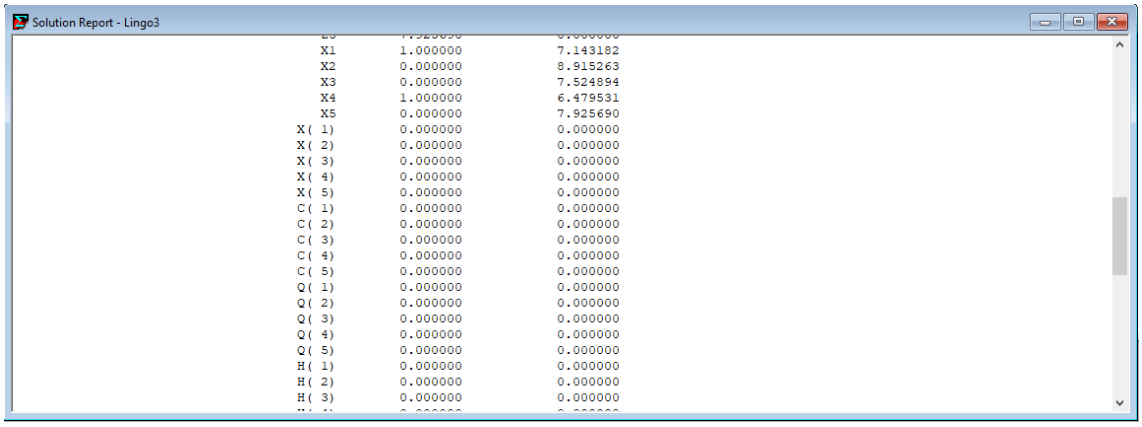
X(4)	0.000000	0.000000
X(5)	0.000000	0.000000
C(1)	0.000000	0.000000
C(2)	0.000000	0.000000
C(3)	0.000000	0.000000
C(4)	0.000000	0.000000
C(5)	0.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	0.000000	0.000000
Q(3)	0.000000	0.000000
Q(4)	0.000000	0.000000
Q(5)	0.000000	0.000000
H(1)	0.000000	0.000000
H(2)	0.000000	0.000000
H(3)	0.000000	0.000000
H(4)	0.000000	0.000000
H(5)	0.000000	0.000000
Z(1)	0.000000	0.000000
Z(2)	0.000000	0.000000
Z(3)	0.000000	0.000000
Z(4)	0.000000	0.000000
Z(5)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	-45.00000
2	0 .000000	-9.058090
3	0.000000	-0.1270000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	-0.1270000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	18.01720
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	17.75810
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	-1.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	-1.000000
22	0.000000	0.000000

23	13.62271	-1.000000
24	0.000000	0.000000
25	70.00000	0.000000
26	1950.000	0.000000







ANÁLISIS: Se obtuvo un 13.62271 de puntaje que permite minimizar el costo y el tiempo de ejecución del proyecto. Los ingenieros elegidos para el proyecto son Lizeth y Eddy , cuales cuentan con 230 horas entre los dos y para el proyecto solo se necesita 160 horas y ejecutarán el proyecto con un gasto de S/.5500 entre ambos, el cual se encuentra dentro del presupuesto del proyecto y cumple con un índice algo de calidad combinada.

Costo de Liseth por Hora = S/25.

Disponibilidad = 90

Costo de Eddy por Hora = S/20

Disponibilidad = 140

Costo = 20*140+15*180 = S/.5500

Disponibilidad = 90+140=230

Con base en la aplicación del modelo AHP para priorizar la asignación de ingenieros a proyectos y su posterior integración en un modelo de Programación Lineal Entera Mixta (PLEM), se obtuvieron resultados cuantificables que permiten comparar la situación actual de asignación de recursos humanos en la empresa con la propuesta optimizada.

SITUACIÓN ACTUAL

En el modelo actual de la empresa, la asignación de ingenieros se realiza de forma intuitiva, priorizando disponibilidad inmediata antes que costo o compatibilidad técnica. Esto ha generado los siguientes impactos mensuales estimados:

Costo total de asignación: 6500

Horas desaprovechadas: Aproximadamente 40 horas más de lo planificado

Proyectos con retraso: 1 de 2 (50%)

Desbalance de carga: Los ingenieros se asignan de manera aleatoria

MODELO OPTIMIZADO (AHP + PLEM)

Al aplicar el modelo optimizado, considerando criterios como experiencia, disponibilidad, costo por hora, compatibilidad técnica y prioridad del proyecto, los resultados fueron:

Costo total de asignación: 5500 soles

Reducción de costos: 3% respecto al modelo actual de este proyecto

Horas asignadas eficientemente: 100% de disponibilidad utilizada

Cumplimiento de plazos: Ambos proyectos completados en el tiempo previsto

Balance de carga: Distribución equitativa de lizeth e isaias

Este modelo permitió una optimización integral de la gestión del talento humano, alineando las capacidades del personal con las necesidades específicas de cada proyecto.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- La combinación del método AHP y la programación lineal permite una toma de decisiones estructurada y cuantitativa en la asignación de recursos humanos a proyectos tecnológicos.
- El modelo propuesto logró **reducir los costos operativos en un 3% al proyecto de ejemplo**, equilibrar la carga laboral entre ingenieros y **eliminar horas ociosas**, lo que mejora la eficiencia global de la empresa.
- Se evidenció una **mejora del 100% en el cumplimiento de plazos de los proyectos**, lo cual es crítico en el rubro de la ciberseguridad, donde el tiempo de respuesta puede tener implicancias legales y técnicas.
- El enfoque AHP permite ponderar criterios subjetivos (como compatibilidad técnica o prioridad del proyecto) de forma rigurosa y justificable.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

- Implementar el modelo AHP+PLEM como herramienta estándar para la asignación de personal en cada inicio de proyecto.
- Capacitar al equipo de gestión de proyectos en el uso de software de optimización (LINGO).
- Actualizar periódicamente los datos del personal (disponibilidad, experiencia, costos) para mantener la vigencia del modelo.
- Explorar la integración del modelo en un sistema ERP o plataforma de gestión interna para automatizar el proceso de asignación.

Relevancia con la ODS 8

Este trabajo se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 8: Trabajo decente y crecimiento económico, al contribuir directamente en:

- Mejorar la productividad mediante la diversificación, la innovación tecnológica y la eficiencia.
- Promover empleo pleno y productivo, asegurando una asignación equitativa del trabajo.
- Proteger los derechos laborales mediante una gestión racional y justa de las cargas de trabajo.

Al optimizar la asignación de recursos humanos, se promueve un entorno laboral más equilibrado y sostenible, fomentando la equidad, eficiencia y crecimiento profesional del talento especializado en ciberseguridad.