




# Environmental Management Proposal to Increase Productivity in a Municipal Canal Through a Plant Redistribution Design

Salazar Nuñez, Rosa Lucia, Industrial Engineering<sup>1</sup> , Castillo Quezada, Diego, Industrial Engineering<sup>1</sup> , Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor of Science and Engineering<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [N00141069@upn.edu.pe](mailto:N00141069@upn.edu.pe); <sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú [N00247185@upn.edu.pe](mailto:N00247185@upn.edu.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [miguel.alcala@upn.edu.pe](mailto:miguel.alcala@upn.edu.pe)

*Abstract– The present investigation focused on carrying out an analysis of the environmental impact produced by a municipal canal in the province of Trujillo, department of La Libertad, based on this, through a risk analysis, the activities that generated a greater risk were defined, and then evaluated through The Leopold matrix is the most affected environmental factor resulting from the production process of a municipal slaughterhouse. As a result, soil and water were defined as the most affected factors, so that later, by applying a plant layout redesign based on the Systematic Layout Plannig tool, the areas can be approximated according to degrees of importance, and the In turn, increase productivity by taking advantage of space and reducing transportation times. Finally, an increase in productivity by 56.87% was obtained and at the same time a reduction in solid waste by moving the waste generating areas closer to the waste area.*

*Keywords-camal, redistribution, productivity, Leopold matrix, environmental impact.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LEIRD).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LEIRD).  
**DO NOT REMOVE**

# Propuesta de Gestión Ambiental para Incrementar la Productividad en un Camal Municipal a través de un Diseño de Redistribución de Planta

Salazar Nuñez, Rosa Lucía, Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Castillo Quezada, Diego, Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Magister de Investigación y Docencia Universitaria<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [N00141069@upn.edu.pe](mailto:N00141069@upn.edu.pe); <sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú [N00247185@upn.edu.pe](mailto:N00247185@upn.edu.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [miguel.alcala@upn.edu.pe](mailto:miguel.alcala@upn.edu.pe)

**Resumen**– La presente investigación se enfocó en realizar un análisis del impacto ambiental que produce un camal municipal en la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, en base a ello, a través de un análisis de riesgo se definieron las actividades que generaban un mayor riesgo, para luego evaluar a través de la matriz de Leopold el factor ambiental más afectado resultante del proceso productivo de un matadero municipal. Como resultado se definió al suelo y al agua como los factores más afectados, para posteriormente, al aplicar un rediseño de layout de planta basado en la herramienta Systematic Layout Plannig, se pueda aproximar las áreas según grados de importancia, y a su vez, incrementar la productividad aprovechando el espacio y reduciendo los tiempos de transporte. Finalmente se obtuvo un aumento de la productividad en un 56.87% y a la vez una reducción de residuos sólidos al acercar las zonas generadoras de residuos al área de residuos.

**Palabras clave**–camal, redistribución, productividad, matriz de Leopold, impacto ambiental.

## I. INTRODUCCIÓN

El distrito de La Esperanza, de la provincia Trujillo, contó con un camal municipal con más de veinte años en el rubro, el cual significó un gran ingreso económico para los pobladores de la zona y trabajadores en el camal municipal; pero, a la vez esto efectuó un importante impacto ambiental e incluso socio-económico en los alrededores del sector donde se encuentra ubicado [1]. Los mataderos fueron instalaciones de producción que tienen un impacto significativo en el medio ambiente y la salud pública, dada la naturaleza de las materias primas y residuos que se generan durante el procesamiento [2]. Asimismo, generaron altas cantidades de desechos orgánicos que son vertidos en alcantarillados, los cuales generalmente no contaron con un adecuado tratamiento de aguas residuales debido a las limitaciones técnicas y económicas [3].

Estos desechos eliminados produjeron un elevado nivel de DBO5 contaminando el agua y generaron alteraciones en el sistema biológico de las personas [4]. Asimismo, en los últimos años se comprobó que existe un alto uso de agua dentro de las diversas actividades en el proceso de faenamiento o sacrificio. [5] Por otro lado, debido a la falta de estandarización de los procesos efectuados para el ganado vacuno, ovino, caprino y porcino, y la inadecuada distribución de la planta, existieron muchos problemas relacionados a la baja productividad en camales. [6] Este problema se presentó en el Camal Municipal San Luis, debido a dicha situación se optó por realizar una

distribución de planta que permitió elevar la productividad y a la vez disminuir el impacto ambiental que generó el elevado uso de agua y la gestión de residuos sólidos.

Según estudios investigados en los camales de los cantones de Arenillas y Huaquilla, durante nueve meses se faenaron un total de 9 777 animales, entre ellos el 57.29% de porcinos, 42.57% de bovinos y el 0.14% de caprinos, generando un total de residuos orgánicos de 187 43.5kg. [7]. También se realizaron estudios de impacto ambiental del camal de la ciudad de Manta, Cogamanta y se obtuvo el 45% de impactos moderados, 30% de impactos severos, 10% con impactos compatibles y positivos y un 5% de impactos críticos lo que conllevó a realizar un plan de manejo para la ciudad de Manta [8]. Referente a la productividad en un Camal Municipal señaló que al implementar un sistema de distribución de planta según el método Guerchet y SLP (Systematic Layout Planning) se obtuvo un incremento de 31% y 26% respectivamente en ganado vacuno y porcino [9].

En los esfuerzos por disminuir los efectos que produjeron los camales, se realizaron diversas actividades de clasificación y diseño de biodigestores para reducir su impacto [10]. Asimismo, la ONU ha formulado objetivos de desarrollo sostenible que deben alcanzarse a 2030, estableciendo 17 agendas y 169 objetivos específicos, características principales de la sostenibilidad ambiental y la seguridad económica [11]. Por otro lado, en Perú existió como medio regulador la Ley N° 27446, la cual constituyó las normas como medio de evaluación del impacto ambiental [12].

Uno de los indicadores más importantes en la medida de la mejora de un proceso es la productividad, donde se refiere a la medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir bienes y servicios. En un contexto más amplio, se puede definir como la relación entre la cantidad de producción o resultados obtenidos y los recursos empleados para obtenerlos. [13]. Estos recursos pueden incluir mano de obra, capital, tiempo, energía y otros insumos.

La cual tiene como fórmula (1):

$$\text{Productividad Laboral} = \frac{\text{Produccion}}{\text{Horas Trabajadas}} \quad (1)$$

Asimismo, la redistribución implica una adecuada organización de las actividades industriales, la cual incluye a

los trabajadores, los componentes, los almacenes y los sistemas necesarios para mantener los elementos y servicios esenciales que son necesarios para diseñar una distribución más eficiente de las actividades [14]. La recomendación clave se centra en reorganizar los espacios de trabajo y el equipo de la manera más económica posible, con el objetivo de facilitar el proceso de fabricación [15].

Por otro lado, dentro de los diferentes métodos para un correcto diseño de planta o redistribución, se pueden destacar: el método relacional de actividades, el método Richard Muther Systematic Layout Planning y el Método Guerchet. [16].

Por un lado, el Método Guerchet, permite el análisis del espacio físico para los puestos de trabajo. [17]. Para su desarrollo se utiliza la siguiente formula (2)

$$S_T = S_s + S_g + S_e \quad (2)$$

Donde:

S<sub>s</sub> = Superficie Estática

S<sub>g</sub> = Superficie Gravitacional

S<sub>e</sub> = Superficie de Evolución

Asimismo, el método SLP (planeación sistemática de la distribución en planta), es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por seis fases, en una serie de procedimientos y símbolo convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación [18]; además, Se puede lograr una utilización eficiente de los recursos, organización de las áreas de trabajo y equipos de la industria, optimización de los procesos, mayor nivel de competitividad y mejoramiento continuo mediante un estudio cuantitativo y cualitativo de la planta. [19] Este método tiene diferentes códigos respecto al valor de proximidad los cuales son definidos por: A cuando la proximidad es absolutamente necesaria, E especialmente importante, I importante, O ordinaria, U sin importancia, X si es no recomendable. Asimismo, se asigna un código según la razón o motivo la cual viene definido considerando las siguientes razones respectivamente: 1 si tiene trabajo continuo, 2 comparten el mismo personal, 3 comparten el mismo espacio, 4 inspección o control, 5 condiciones ambientales y 6 no existe comunicación. [20]

Por otro lado, a través de la matriz de Leopold se puede lograr una evaluación del impacto ambiental mediante la Matriz de Leopold, un método matricial de doble entrada que agrupa los componentes ambientales en las filas y las acciones que pueden causar impactos en las columnas. [21] Se considera la magnitud e importancia de los efectos de cada acción sobre cada factor de manera independiente en el método. Para ello se aplicó la siguiente formula (3) [22]

$$\text{Impacto ambiental} = \text{magnitud} * \text{impacto} \quad (3)$$

Por otro lado, se buscó determinar el nivel de riesgo de las diferentes actividades realizadas en el camal, para ello se

consideraron indicadores de probabilidad según se describe en la tabla III. Asimismo, en el desarrollo de dicha matriz se consideró el nivel de riesgo considerando la fórmula (4).

$$\text{Riesgo} = \text{probabilidad} * \text{gravedad} \quad (4)$$

Así también considerando la aplicación del método de Leopold se consideraron los indicadores de probabilidad y vulnerabilidad de acuerdo con lo mencionado por Leopold sobre el puntaje asignado a las diferentes probabilidades de un evento: 6 para frecuente, 5 moderado, 4 ocasional, 3 remoto, 2 improbable y 1 imposible. Y para el aspecto de la vulnerabilidad considerando los factores de víctimas, daño ambiental, perdidas materiales, imagen y sanciones; las cuales son clasificadas según grados de gravedad de insignificante, marginal, crítica y catastrófica. [23]

En base a lo mencionado anteriormente, los sistemas empresariales, adoptaron métodos para el control y manejo de su negocio y así cumplir con las normas de calidad y de conservación ecológica y a la vez elevar su nivel económico al implementar mejoras en sus procesos para maximizar su productividad [24]. A raíz de esto se planteó la siguiente pregunta, ¿En qué medida la propuesta de gestión ambiental influye en la productividad del camal municipal “San Luis” en el ganado vacuno? Por lo tanto, el objetivo general del presente trabajo fue determinar en qué medida la propuesta de gestión ambiental influye en la productividad del camal municipal “San Luis”. Ello mediante el logro de los objetivos específicos:

Determinar el impacto a los factores ambientales a través de la Matriz de Leopold

Determinar el nivel de productividad y definir las causas raíz relacionadas al impacto ambiental.

Diseñar una propuesta de mejora de redistribución según un método de distribución de planta para la mejora de la gestión ambiental y análisis de la productividad.

Determinar la productividad al aplicar el diseño de redistribución.

Como hipótesis se definió: La propuesta de gestión ambiental aumenta la productividad en el Camal Municipal San Luis.

La investigación vino justificada por la necesidad de aplicar herramientas de ingeniería industrial para la innovación y el emprendimiento en el distrito la Esperanza. En el contexto de mejorar la productividad en el camal municipal y como consecuencia obtener un impacto en el aspecto social y ambiental en la zona de intervención; y en el aspecto económico al incrementar la productividad y como consecuencia su rentabilidad al producir mayor cantidad y disminuir los tiempos de operación con un mejor diseño de distribución de planta para el camal municipal “San Luis” en el distrito La Esperanza. Asimismo, fortalecer la economía entre los moradores de dicho sector.

Asimismo, desde la perspectiva medioambiental, la importancia de la reducción de agentes contaminantes producto del proceso de producción en los camales municipales fue

respaldada por la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La implementación de prácticas más sostenibles en estos lugares se respaldó directamente en el ODS 12 Producción y Consumo Responsables, destacándose por la adopción de tecnologías eficientes y la gestión responsable de recursos. Esta iniciativa también abona al ODS 13 referida a la Acción por el Clima al reducir emisiones de gases de efecto invernadero mediante mejoras en la eficiencia y la incorporación de energías renovables. En sintonía con el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), estas medidas contribuyeron a prevenir la contaminación del suelo y agua, salvaguardando la salud de los ecosistemas terrestres. En resumen, la búsqueda de la sostenibilidad ambiental en los camales municipales no solo se traduce en beneficios medioambientales, sino que también impacta positivamente en la salud pública y el bienestar de las comunidades locales.[25]

## II. METODOLOGÍA

La investigación fue de carácter descriptivo, ya que se enfocó en examinar la situación real dentro del Camal Municipal en términos de su infraestructura, espacios de trabajo y la producción de carne de los animales sacrificados.

Asimismo, se tomaron conocimientos y teorías ya existentes sobre el tema. Como diseño de investigación se realizó de tipo no experimental y transversal. Se considera de tipo no experimental ya que no se realizó una manipulación de los elementos dentro del camal municipal para la obtención de un fin. Asimismo, fue de tipo transversal por que la observación y recolección de datos fue efectuada en un tiempo determinado.

La investigación contó con una población conformada por está conformada por el área total del Camal Municipal “San Luis” en el distrito La Esperanza, el cual está relacionado en base a su infraestructura, maquinaria y materiales. Teniendo como unidad de estudio todas las áreas y sus respectivos procesos desarrollados en dicho establecimiento.



Fig. 1. Ubicación Camal Municipal “San Luis”  
Coordenadas: -8.060593, -79.048230

Como técnicas en la recolección de datos se usó la Observación Directa para identificar las mudas en el proceso de faenado, asimismo se realizó la técnica de Observación General

para identificar los diferentes procesos del ganado vacuno; asimismo, se identificó los tiempos en el proceso de faenado. Asimismo, el análisis de la documentación que brindó el área administrativa del Camal.

Entre los instrumentos, se aplicaron entrevistas al jefe encargado del camal municipal y a los matarifes que tienen más tiempo laborando en el centro de producción. Asimismo, se realizó encuestas basadas en la Matriz de Leopold a algunos pobladores de la zona para conocer sus puntos de vista respecto al impacto ambiental que genera en el sector la existencia de un camal en la zona.

Se detallaron seis tipos de preguntas aplicadas en la entrevista a los miembros del camal Municipal: la primera pregunta es, ¿Qué servicios brindan el camal municipal?, la segunda pregunta es, ¿En el proceso de producción, que operaciones se realizan? ¿En qué operaciones se demoran más tiempo y por qué?, la tercera pregunta es, ¿Cuántos animales son faenados diariamente y de qué tipo son?, la cuarta pregunta es, ¿Qué oportunidades de mejora tiene el camal en sus diferentes procesos?, la quinta pregunta es, ¿Considera usted que es adecuada la distribución y ordenamiento de espacios que existen en el camal y por qué?, la sexta y última pregunta de la entrevista, ¿En qué se beneficiaría el camal al implementar mejoras?

También se utilizó instrumentos de análisis de datos como el Diagrama Ishikawa y el Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP)

Asimismo, se aplicó la técnica de análisis de información, considerando el dato histórico de producción de los últimos 12 meses organizados por: Producción por kilos, producción por cantidad de animales faenados, ingresos obtenidos producto del servicio de faenamiento. Dicha información se obtuvo de forma física, para una mayor organización se digitalizó utilizando Microsoft Excel.

Se consideraron las siguientes etapas dentro del proceso de investigación para el cumplimiento de los objetivos específicos establecidos:

*Etapas 1. Diagnóstico general.* Se definieron las características de la planta (ubicación, cantidad de trabajadores, horario de trabajo, precios, resultados de entrevistas) obtenidas producto de la observación general y directa, así como los resultados de la entrevista. En cumplimiento del primer objetivo de la investigación, se realizó una encuesta a los moradores de la zona teniendo como guía la matriz de Leopold para determinar el nivel de impacto ambiental. En base a ello, se definió los factores ambientales más afectados.

*Etapas 2. Análisis del proceso.* Posterior a ello, se realizó una descripción del área de producción a través de un gráfico de distribución de áreas. Por otro lado, se realizó un análisis de las principales causas que están generando una disminución de la productividad en el Camal Municipal a través de un diagrama de Ishikawa y posteriormente una matriz de priorización. También se realiza un Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), con la finalidad de conocer los procedimientos en las operaciones realizadas, así como sus tiempos. Asimismo, se

describen los mecanismos adicionales que se emplean para el correcto desarrollo de sus operaciones.

*Etapa 3. Propuesta de mejora.* En esta etapa se planteó una herramienta de ingeniería industrial adecuada para mejorar la productividad. En este caso, se optó por realizar una redistribución de planta, que incluyó el ordenamiento referente a la maquinaria industrial y espacios necesarios para que un determinado proceso productivo logre sus fines a través de una eficiencia correcta [26]. Posterior a ello, se optó por realizar una planeación sistemática de la planta a través del método SLP considerando la relación entre las zonas y la necesidad de su cercanía entre ellas, expresándolo mediante gráficos [27].

*Etapa 4. Análisis de las mejoras con la propuesta.* En cumplimiento del último objetivo se evaluó la productividad que tendría el Camal Municipal con la aplicación de la propuesta de gestión ambiental y la disminución en la contaminación del medio ambiente.

### III. RESULTADOS

#### A. Diagnostico general

El camal municipal “San Luis” se encontró bajo la administración de la Municipalidad Distrital de la Esperanza. Tiene como servicio el faenamiento del ganado vacuno, que suelen traer pobladores de la zona o de provincias aledañas. Los pagos recibidos conciernen a la prestación de las instalaciones, examen ante mortem y post mortem. Asimismo, tiene el alquiler de corral para animales según tipo. En la figura 2 se describen las medidas del camal, con un área de 8332.61 m<sup>2</sup>, las cuales fueron de utilidad para las mejoras aplicadas en el diseño de redistribución de planta.

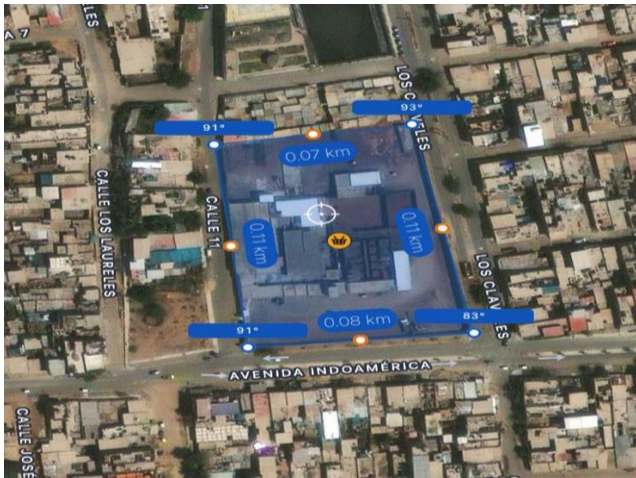


Fig. 2 Dimensiones del camal municipal

Asimismo, de las actividades que tiene este establecimiento, se realizó un análisis de riesgo en la tabla I del camal municipal considerando los escenarios, operaciones, e índices de probabilidad, gravedad y riesgos. Dichos resultados permitieron identificar las operaciones donde se enfoca la mayor cantidad de riesgos en donde se puede enfocar la atención para el diseño de la propuesta de mejora en el camal

municipal. Para su desarrollo se consideró también las formula (4) para calcular el riesgo.

TABLA I  
ANÁLISIS DE RIESGO DEL CAMAL MUNICIPAL

ESCENARIO	OPERACIÓN	PROB.	Víctima		Ambiental		Pérdida		Imagen		Sanciones	
			G	R	G	R	G	R	G	R	G	R
			Contaminación del agua con restos orgánicos	Recepción	4	1	4	3	12	1	4	1
Faenamiento	6	1		6	3	18	1	6	2	12	2	12
Lavado	5	1		5	3	15	1	5	2	10	2	10
Despacho	2	1		2	3	6	1	2	1	2	2	4
Contaminación del suelo con restos orgánicos	Recepción	6	1	6	2	12	1	6	2	12	2	12
	Faenamiento	5	1	5	2	10	1	5	2	10	2	10
	Lavado	3	1	3	1	3	1	3	2	6	2	6
	Despacho	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	4
Uso indiscriminado del agua	Recepción	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
	Faenamiento	4	1	4	3	12	2	8	2	8	2	8
	Lavado	5	1	5	4	20	2	10	2	10	2	10
	Despacho	2	1	2	2	4	2	4	1	2	2	4
Presencia de bacterias nocivas en la carne	Recepción	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
	Faenamiento	3	1	3	2	6	1	3	1	3	3	9
	Lavado	1	1	1	4	4	1	1	1	1	3	3
	Despacho	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3
Falla en el sistema de refrigeración	Recepción	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Faenamiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lavado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Despacho	5	1	5	2	10	1	5	1	5	1	5
Incendio	Recepción	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	Faenamiento	2	2	4	2	4	1	2	2	4	3	6
	Lavado	0	2	0	2	0	1	0	2	0	3	0
	Despacho	1	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3
Accidentes laborales	Recepción	4	2	8	1	4	2	8	1	4	2	8
	Faenamiento	5	3	15	1	5	2	10	1	5	2	10
	Lavado	4	2	8	1	4	2	8	1	4	2	8
	Despacho	3	3	9	1	3	2	6	1	3	2	6



generando un impacto ambiental en el agua por la sangre que fluye por el resumidero y llega a los ríos, también al suelo por los desechos tóxicos que son mal distribuidos y llevados al botadero "El Milagro" y finalmente en el aire, por el mal olor y sustancias tóxicas que estas producen.

En la figura 5, se ilustra el diagrama Ishikawa con la principal causa raíz del problema presentado.

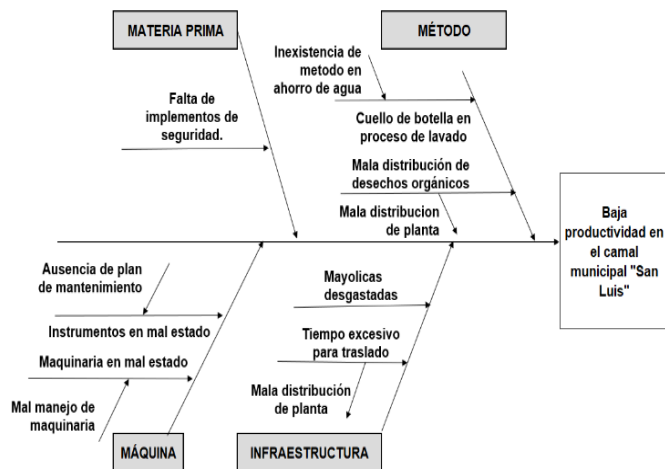


Fig. 4. Diagrama Ishikawa

De la figura 4, se puede definir que existen diferentes motivos que afectan la baja productividad en el camal municipal. Respecto a ello, se puede interpretar en método que existe una mala distribución de la planta, principalmente por la lejanía entre las áreas de trabajo lo cual genera que se generen residuos solidos en el traslado de los animales hacia el área de sacrificio y el tiempo excesivo utilizado para moverse de un punto a otro punto. Asimismo, puede verse la inexistencia de un método de ahorro de agua, ello debido a que en el proceso de sacrificio se utilizan mangueras las cuales permanecen abiertas mientras no se están utilizando; también, en el proceso de limpiar existe una gran cantidad de desperdicio de agua.

Por otro lado, respecto a la infraestructura se vuelve a mencionar la mala distribución de planta, especialmente por el espacio reducido en el área de sacrificio lo cual impide un mejor aprovechamiento del espacio y como consecuencia una baja productividad.

También en el aspecto de la maquinaria, encontramos una ausencia de un plan de mantenimiento especialmente en la zona de despacho y refrigeración donde se conserva la carne obtenida. Asimismo, la mala calidad de las herramientas utilizadas para el sacrificio ocasiona un mayor tiempo de trabajo en el momento del faenado.

Finalmente, respecto a la materia prima puede notarse que no hay implementos de seguridad para los trabajadores lo cual genera demoras en la recepción de estos.

A continuación, en la figura 5 se presentan los diagramas de operaciones de los procesos llevados a cabo dentro del camal Municipal San Luis, según el tipo de ganado llevado para el sacrificio de ganado vacuno.

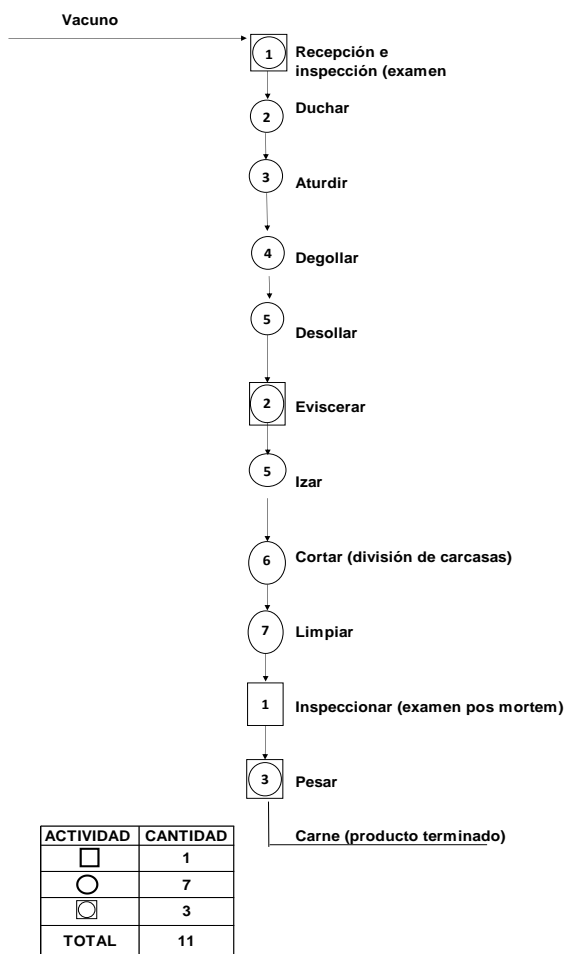


Fig. 5. DOP ganado vacuno

A continuación, en la tabla V se detalla el impacto ambiental que generan las diferentes operaciones en el proceso de faenamiento en el camal municipal.

TABLA V  
DESCRIPCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Agua:	Constante uso de agua para el proceso del lavado. Contaminación de agua producto de la falta de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
Aire:	Olores fétidos ocasionados por la acumulación de residuos en la parte posterior del camal.
Socio económico	El funcionamiento del camal municipal genera oportunidades de empleo entre los pobladores de la zona fortaleciendo la economía; asimismo, un acceso directo y cercano de los pequeños comerciantes de los diferentes mercados a una materia prima de primera calidad.

C. Propuesta de mejora:

En la tabla VI, se describen los resultados proyectados a obtener con la implementación de esta propuesta de mejora, considerando que la productividad se mide en kg de carne por h-h/mes.

TABLA VI  
PRODUCTIVIDAD OBTENIDA POR MES

Mes	Kg. Carne	H-H/MES	Productividad
Set	107350	1560	68.81
Oct	102340	1560	65.60
Nov	119784	1560	76.78
Dic	104832	1560	67.20
Ene	106700	1560	68.40
Feb	100602	1560	64.49
Mar	117528	1560	75.34
Abr	115668	1560	74.15
May	96492	1560	61.85
Jun	112788	1560	72.30
Jul	95410	1560	61.16
Ago	106898	1560	68.52

En la figura 6, se pueden apreciar los bajos niveles de productividad que vino presentando el camal municipal.

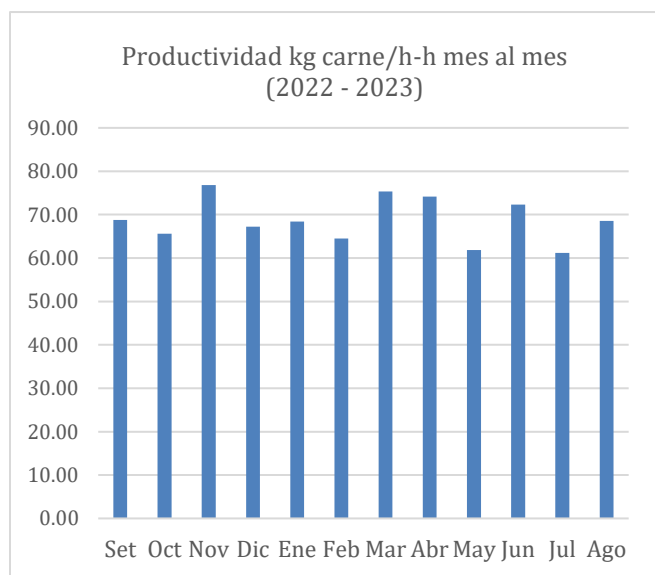


Fig. 6. Productividad global

Por otro lado, para tener una mayor identificación de las áreas y la importancia de cada una de ellas, se realizó un boceto de la distribución actual de la planta, considerando desde las áreas operativas, administrativas; además de servicios higiénicos y zona de recepción de residuos sólidos. En la figura 7, se detalla lo anteriormente mencionado para mayor ilustración

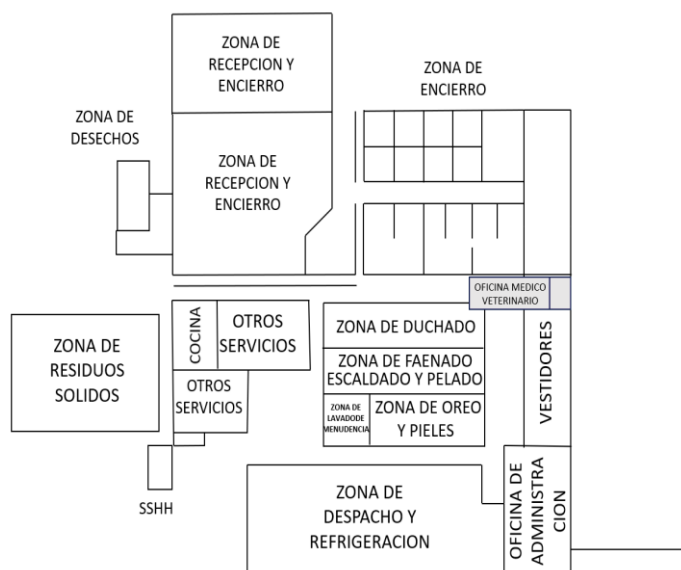


Fig. 7 Distribución actual

Como propuesta de mejora se aplicó el método SLP

y se utilizó el cuadro relacional de zonas para definir la relación entre las áreas de trabajo, considerando los criterios descritos en la tabla 1 y 2. Se consideraron 14 áreas las cuales son: Zona 1 para recepción y encierro de ganado, Zona 2 duchado, Zona 3 faenado/escaldado y pelado, Zona 4 pieles, Zona 5 oreo, Zona 6 lavado de menudencia Zona 7 cocina, Zona 8 embarque, Zona 9 Oficina de administración, Zona 10 Oficina del médico veterinario, Zona 11 Servicios higiénicos para el veterinario, Zona 12 Otros servicios, Zona 13 de residuos sólidos, Zona 14 Caseta de vigilancia.

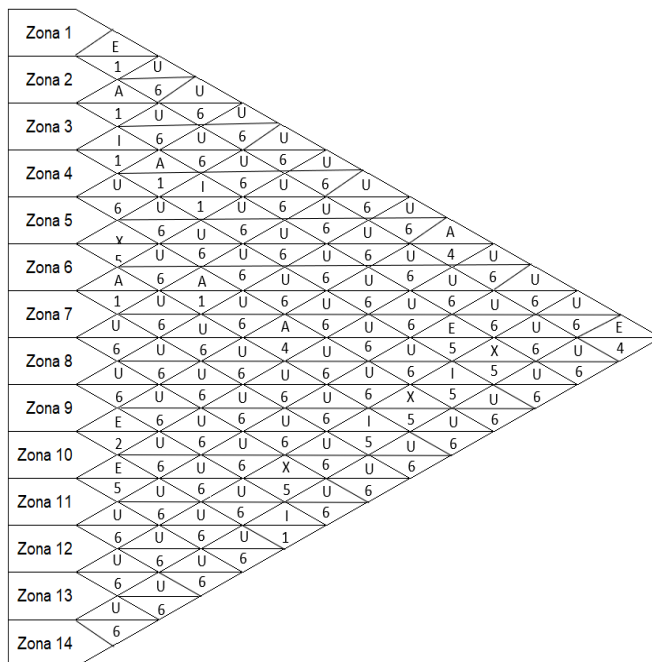




Fig. 8: Diagrama relacional de las actividades

En la figura 9, se describe el trazo para la definición de la propuesta de redistribución de la planta del camal. Los trazos describen la relación entre cada área de trabajo.

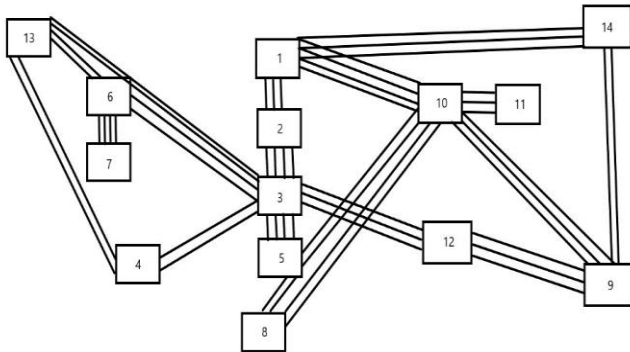


Fig. 9. Diagrama relacional de áreas

En la tabla VII, se detalla la relación entre cada área de trabajo, cuya relación es necesaria para el diseño de la nueva redistribución de la planta.

TABLA VII  
LEYENDA DE DIAGRAMA RELACIONAL DE ÁREAS

A	E	I	O	U	X
2-3	1-2	6-13			5-6
3-5	3-12	3-4			5-13
5-8	9-10	3-13			8-13
6-7	10-11	3-6			
5-10	1-14	9-14			
1-10		4-13			

A partir de ello, se obtuvo el nuevo diagrama de distribución de la planta, según se describe en la figura 10:

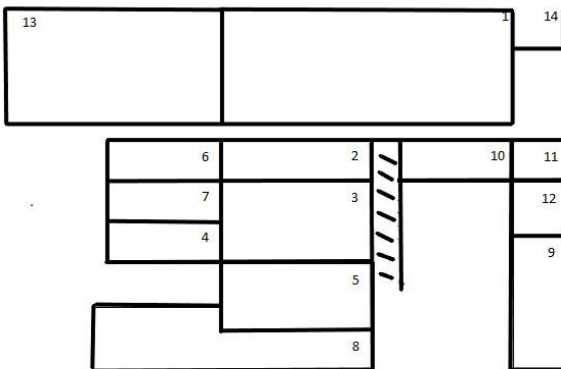


Fig.10. Diagrama relacional de áreas propuesto

**D. Análisis de las mejoras con la propuesta:**

Una vez definido el nuevo diseño de redistribución de la planta se determinó la nueva productividad aplicando la

formula (1) considerando los nuevos tiempos de producción en la etapa de faenado.

*Cálculo de la nueva productividad.* En el caso de un ganado vacuno, por faenamiento de obtienen en promedio 215 kg de carne. Se faenan 25 animales de ganado vacuno al día.

60 horas - hombre disponible al día.

Un ganado vacuno demora en faenar 128 minutos.

Con la implementación de un nuevo modelo de distribución de planta, el cual permite acercar los espacios y ordenar la zona de trabajo para tener una mayor área de trabajo. Con la propuesta se obtendría una reducción de tiempos de 21 minutos. Por lo cual, al día se ahorrarían 525 min. Según se describe en ecuación (1)

$$produccion = 25 u * 21 \text{ min} - h = 525 \text{ min} - h \quad (2)$$

$$producción = \frac{523 \text{ min} - h}{113 \text{ min} - h} = 4,6 = 5 \text{ vacuno}$$

Con dicha mejora, se logró tener un área más amplia de trabajo y con ello tener espacio para faenar a 5 vacunos al día. Con esta mejora, se incrementó notablemente la cantidad de carne obtenida al día, en la tabla VIII se describen los nuevos valores en la productividad que se obtienen producto de un nuevo diseño de redistribución de la planta.

TABLA VIII  
TABLA DE COMPARACIÓN MENSUAL DE LA PRODUCTIVIDAD ACTUAL  
CON LA PROPUESTA

Mes	Kilos de carne		Total Horas trabajo	Productividad	
	Antes	Después		Antes	Después.
Set	107,350	195,650	1560.00	68.81	107.50
Oct	102,340	195,650	1560.00	65.60	107.50
Nov	119,784	195,650	1560.00	76.78	107.50
Dic	104,832	195,650	1560.00	67.20	107.50
Ene	106,700	195,650	1560.00	68.40	107.50
Feb	100,602	195,650	1560.00	64.49	107.50
Mar	117,528	195,650	1560.00	75.34	107.50
Abr	115,668	195,650	1560.00	74.15	107.50
May	964,92	195,650	1560.00	61.85	107.50
Jun	112,788	195,650	1560.00	72.30	107.50
Jul	954,10	195,650	1560.00	61.16	107.50
Ago	106,898	195,650	1560.00	68.52	107.50

Con ello se obtuvo un incremento de la productividad en un 56.87% respecto a la productividad anterior.

Con los nuevos valores obtenidos, se logró una mejora notable en la producción de carne de ganado vacuno en el camal. En la figura 10 se puede apreciar de color rojo las barras

que representan los valores que se alcanzaron al aplicar el método de redistribución de la planta.

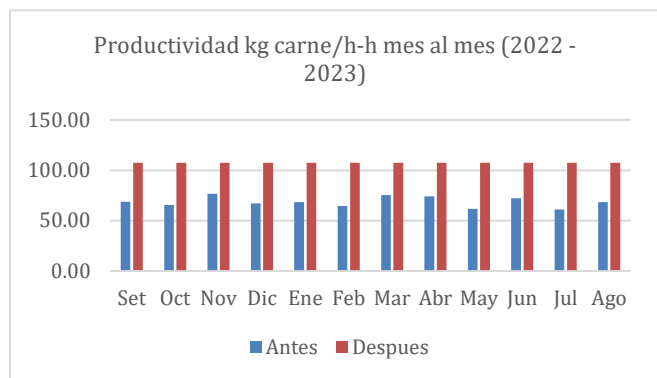


Fig.11. Productividad antes y después del diseño de redistribución de planta

#### IV. DISCUSIÓN

Como primer objetivo se determinó que la Matriz de Leopold reveló que los factores ambientales más afectados fueron el agua y los residuos sólidos, con un impacto de -26.56 y -17.00 respectivamente. Tras aplicar mejoras en la redistribución de planta, se logró reducir significativamente estos impactos, alineando las operaciones del camal con estándares ambientales más sostenibles.

Asimismo, como segundo objetivo al realizar el análisis de productividad mostró un rendimiento inicial de 68.81 kg/h-h, afectado por tiempos excesivos en el proceso de faenado debido a una mala distribución de planta. Las principales causas raíz identificadas fueron la gestión ineficiente de residuos y el uso excesivo de agua, que además contribuyeron al impacto ambiental negativo en el suelo y el agua del camal.

Por otro lado, en el tercer objetivo se realizó una propuesta de redistribución de planta, basada en el método Systematic Layout Planning (SLP), mediante la cual se optimizó la ubicación de áreas clave, reduciendo tiempos de transporte y mejorando la eficiencia operativa. Esta reorganización no solo incrementó la productividad en un 56.87%, sino que también facilitó una mejor gestión ambiental al minimizar la contaminación y optimizar el uso de recursos, como el agua y el manejo de residuos apoyando a lo investigado en Ref [27] sobre la aplicación de este método en una empresa dedicada al rubro de la congelación de productos.

Como cuarto objetivo al aplicar el diseño de redistribución, la productividad del camal aumentó de 68.81 kg/h-h a 107.50 kg/h-h, un incremento del 56.87%. Esta mejora fue resultado de la reducción de tiempos en el proceso de faenado, particularmente 21 minutos menos por vacuno, lo que permitió procesar más animales diariamente, optimizando el uso de recursos y mano de obra. Ello sustenta lo investigado en Ref. [28], donde se resuelve que, al aplicar mejoras en la distribución de las áreas, éstas tienen un impacto positivo en la rentabilidad de un camal.

Finalmente, respecto al objetivo general se determinó que la propuesta de gestión ambiental influyó positivamente en la productividad del camal, logrando un aumento del 56.87%. Al

integrar la redistribución de planta con mejoras en la gestión de residuos y uso eficiente del agua, se optimizaron tanto los procesos productivos como el cumplimiento de normativas ambientales, demostrando que la sostenibilidad y la eficiencia operativa pueden ir de la mano.

#### V. CONCLUSIONES

Se aplicó una serie de análisis y métodos que fueron relevantes para determinar el impacto ambiental y aumentar su productividad del ganado vacuno en el camal municipal San Luis del distrito de la Esperanza.

Como primer análisis, con la Matriz de Leopold y sus criterios de magnitud e importancia de los efectos producidos por cuatro acciones realizadas en el camal sobre cuatro factores ambientales, se determinó el impacto ambiental, concluyendo que los mayores impactos se produjeron por la actividad de faenado de los animales y el desecho de residuos producto del faenado. Asimismo, se concluye que los factores más afectados por las actividades realizadas fueron en el factor agua y residuos. Asimismo, la aplicación de un análisis de riesgo fue significativo para la investigación, se concluyó que el mayor riesgo viene enfocado por la contaminación del agua con restos orgánicos en actividades de faenamiento; por otro lado, en el escenario de contaminación del suelo con restos orgánicos existe un mayor riesgo en la operación de recepción. Esta situación nos evidenció la necesidad de aplicar acciones que permitan reducir estos niveles de riesgo y su impacto.

Como segundo análisis, la aplicación del diagrama de Ishikawua fue importante para el diagnóstico, determinando las causas raíz de la realidad problemática que afecta al camal y su baja productividad. Se obtuvo: la falta de implementos de seguridad, mala distribución de planta, mal manejo de maquinaria y mal sistema de distribución de desechos orgánicos.

La metodología SLP fue significativa para optimizar la circulación del trabajo. En el modelo diseñado se concluyó que la cercanía entre los espacios permitió reducir el nivel de residuos orgánicos que afectan el factor agua y suelo. Los resultados fueron significativos y se determinó que se puede faenar 5 animales de ganado vacuno más al día, aumentando su productividad. También se planteó incorporar una estación de acopio de residuos sólidos con la finalidad de minimizar la contaminación de este en la planta.

Con ello se concluye que la propuesta de Gestión Ambiental mediante un diseño de redistribución de planta permite incrementar la productividad.

#### REFERENCIAS

- [1] Cueva, J. M., & Vásquez, A. A. (2022). Efecto de la densidad de lombrices sobre el proceso de lombrifiltración de las aguas residuales del Camal Municipal del distrito de La Esperanza, La Libertad 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/33173>
- [2] Dorca-Preda, T., Mogensen, L., Kristensen, T., & Knudsen, M. T. (2021). Environmental impact of Danish pork at slaughterhouse gate – a life cycle assessment following biological and technological changes over a 10-year period. *Livestock Science*, 251, 104622. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104622>

- [3] Oviedo Bayas, B., Guerrero Manzaba, J., Vera Cueva, S. & Zamora Cevallos, E. (2023). Estudio de impacto ambiental en el camal municipal del Cantón Buena Fe–Ecuador. *Revista Conrado*, 19(91), 161-170. Recuperado a partir de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2936>. ISSN: 1990-8644.
- [4] Sanchez Delgado, J. C. (2020) “Propuesta de un sistema de gestión de residuos sólidos que permita reducir la contaminación en el Camal Municipal de la ciudad de Jaén, 2018”. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8746>.
- [5] Cun Jaramillo, M. L., & Álvarez Díaz, C. A. (2017). Estudio de impacto ambiental de un matadero municipal urbano en la provincia de El Oro. Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1-Ext), 160-168. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>. ISSN: 2415-2862
- [6] S, R., & Sabumon, P. (2023). A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India. *Journal Of Environmental Management*, 327, 116823. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823>
- [7] Milagros, M. R. G. (2015). Implementación de un modelo de gestión de calidad ISO 14000 en un camal municipal que contribuya a reducir la contaminación y los residuos sólidos. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP\\_1fde90f605edf9222a2734593bee913d#details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_1fde90f605edf9222a2734593bee913d#details)
- [8] A. J. Moreira Chávez y F. E. Alvarado López, Estudio de impacto ambiental del camal de Manta, Cogomanta S.A, 2018. LULU COM, 2018. Consultado: el 5 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uileam.edu.ec/bitstream/123456789/3099/1/ULEAM-RNA-0065.pdf>
- [9] S. Al-Zohairi, M. T. Knudsen, y L. Mogensen (2023). “Utilizing animal by-products in European slaughterhouses to reduce the environmental footprint of pork products”, *Sustain Prod Consum*, vol. 37, pp. 306–319. doi: 10.1016/J.SPC.2023.03.005.
- [10] Franco Rivera, G. (2016). Estado del arte sobre métodos y técnicas de localización y distribución aplicadas en instalaciones de manufactura y servicios. (trabajo de grado - pregrado). Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10614/8585>.
- [11] Gosende, P. A. P. (2016). EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS INDUSTRIALES MEDIANTE UN ÍNDICE DE DESEMPEÑO. *RAE*, 56(5), 533-546. <https://doi.org/10.1590/s0034-759020160507>
- [12] Ministerio del ambiente. (2001) “Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental y su reglamento”. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>
- [13] Gamon Llanos, A. C. (2018). Evaluación de la insensibilización de bovinos durante el sacrificio mediante el uso de indicadores conductuales: Ada Carmaña Gamon Llanos. *Aphapi*, 4(1), 915–923. Recuperado a partir de <https://aphapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/202>. ISSN: 2519-9382
- [14] Palacios Acero, L. C. (2016). Ingeniería de métodos movimientos y tiempos. En L. C. Palacios Acero, Ingeniería de métodos movimientos y tiempos (págs. 170- 171). Bogotá: Ecoe Ediciones. Recuperado de <https://fdiazca.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/06/ingeniericc81a-de-meccc81todos-movimientos-y-tiempos.pdf>. ISBN 978-958-648-624-8
- [15] Varela-Rojas, I. (2003). Definición de producción más limpia. *Revista Tecnología En Marcha*, 16(2), 3–12. Recuperado a partir de [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/1481](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1481).
- [16] G. B. Benítez, F. S. Fogliatto, R. B. Cardoso, F. S. Torres, C. S. Faccin y J. M. Dora (2018). “Systematic Layout Planning of a Radiology Reporting Area to Optimize Radiologists’ Performance”, *Journal of Digital Imaging*, vol. 31, n.º 2, pp. 193-200. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-0036-9>
- [17] I. D. Coria (2008). "El estudio de impacto ambiental: características y metodologías," *Invenio*, vol. 11, no. 20, pp. 125-135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010>. ISSN: 0329-3475
- [18] Gomez Gomez, I., & Brito Aguilar, J. G. (2020). Administración de operaciones. Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador Guayaquil. Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4146>. ISBN: 978-9942-36-891-1.
- [19] González, J. M. M., Daza, C. A. D., & Urueña, C. H. G. (2007). Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogas utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno. *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327316>. ISSN: 0120-5609
- [20] R. Muther, *Systematic Layout Planning*. 2nd ed. Boston, MA: CMM Press, 1973.
- [21] Naqvi, S. A. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., & Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1207296>
- [22] Marquez, E. y. C., De la Torre, M. y. C., Yupanqui, G. M. L., Reyes, D. E. O., & Hajar, J. B. P. (2023). Contaminación del Río Opamayo por el camal municipal en la población de Pampas-Tayacaja, 2023. *Tayacaja*, 6(1), 33-43. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i1.206>
- [23] L. B. Leopold, F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley, "A procedure for evaluating environmental impact," U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C., 1971.
- [24] Fernández, A. V., & Coronado, M. H. V. (2020). DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN. *Tzhocoen*, 12(2), 171-184. <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i2.1255>
- [25] Barrero-Barrero, D., & Baquero-Valdés, F. (2020). Objetivos de desarrollo sostenible. *Revista Científica General José María Córdova/Revista Científica General José María Córdova*, 18(29), 113-137. <https://doi.org/10.21830/19006586.562>
- [26] Oviedo Bayas, B., Guerrero Manzaba, J., Vera Cueva, S. & Zamora Cevallos, E. (2023). Estudio de impacto ambiental en el camal municipal del Cantón Buena Fe–Ecuador. *Revista Conrado*, 19(91), 161-170. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/373396315\\_Estudio\\_de\\_impact\\_o\\_ambiental\\_en\\_el\\_camal\\_municipal\\_del\\_Canton\\_Buena\\_Fe](https://www.researchgate.net/publication/373396315_Estudio_de_impact_o_ambiental_en_el_camal_municipal_del_Canton_Buena_Fe) Ecuador. ISSN: 1990-8644
- [27] Álvarez-Arias, D., De Ávila-Moore, J., & Hurtado-Rivera, J. (2022). Aplicación de Metodología SLP para Redistribución de Planta en Microempresa Colombiana del Sector Marroquinería: Un Estudio de Caso. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 4(1). <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.11>
- [28] Gonzalo, R. C. G., Retuerto, N. G. D., Retuerto, N. G. D., Sotelo, J. F. A., Sotelo, J. F. A., Ascón, J. E. G., & Ascón, J. E. G. (2019). Propuesta de redistribución de planta y productividad en la elaboración de productos congelados (IQF). *Empresa Bio Frutos S.A.C. -Chancay*, 2017. Proposal for redistribution of plant and productivity in the production of frozen products (IQF). *Company Bio. Revista Científica Epigmalión*, 1(1). <https://doi.org/10.51431/epigmalion.v1i1.472>
- [29] Sánchez, J. N. S., Felix, Y. M. V., & Diaz, L. E. A. (2022). Activated Sludge System in the quality of effluents from the municipal slaughterhouse of El Porvenir. *Proceedings Of The 20th LACCEI International Multi-Conference For Engineering, Education And Technology: “Education, Research And Leadership In Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive And Sustainable Actions”*. <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.477>
- [30] Soto, K. J. T., Peña, L. S. F., Sánchez, C. W., & Castañeda, N. M. (2020). Metodología SLP para la distribución en planta de empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (G.L.G). *Ingeniería*, 25(2), 103-116. <https://doi.org/10.14483/23448393.15378>
- [31] Lopez Campos., K. D. (2021). Redistribución de planta para mejorar la productividad en un camal municipal, Lambayeque-2020. Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8431>
- [32] Jay, S., Jones, C., Slinn, P., & Wood, C. (2007). Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. *Environmental Impact Assessment Review*, 27(4), 287-300. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2006.12.001>