

Diseño de planta de producción
avícola con Planeación Sistemática
de la Distribución



La distribución de planta permite incrementar la productividad en las organizaciones, a su vez, la reducción de costos de sus operaciones, lo que es de vital importancia al momento de crear una empresa, para lograr que las utilidades se vean reflejadas en un menor tiempo. (Industrial, 2007).

La industria avícola viene creciendo de manera significativa, la presente investigación busca aprovechar la disposición de un terreno, evaluando el diseño de una distribución de planta adecuada que permita la reducción de tiempos y costos de producción asociados a desplazamientos de materiales, insumos y mano de obra directa, ordenando los espacios necesarios y de este modo minimizar las distancias de recorridas.

Primeramente, se estimará la demanda de la planta de producción avícola a través de encuestas a tiendas y supermercados de la zona, las cantidades de adquisición del producto, su frecuencia de compra y así determinar la demanda proyectada de la planta de producción avícola y su capacidad instalada para satisfacer esta demanda.



www.ul.edu.co
Corporación Universitaria Latinoamericana
Colombia, Barranquilla
<http://libros.ul.edu.co/index.php/libros>



Diseño de planta de producción avícola con Planeación
Sistemática de la Distribución



Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución



Por Juan Carlos Herrera Vega,
Liseth Paola Beltrán Rodríguez,
Hugo Hernández Palma,
Jairo Martínez Ventura,
Leidy Perez Coronell



Diseño de planta de producción
avícola con Planeación Sistemática
de la Distribución



Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución



Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución

© *Juan Carlos Herrera Vega Liseth, Paola Beltrán Rodríguez, Hugo Hernández Palma, Jairo Martínez Ventura Y Leidy Perez Coronell*

Libro Resultado de Investigación
ISBN 978-958-52861-2-2

Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución

Autores:

*Juan Carlos Herrera Vega, Liseth Paola Beltrán Rodríguez, Hugo
Hernández Palma, Jairo Martínez Ventura Y Leidy Perez Coronell*



Impreso por Corporación Universitaria Latinoamericana
Colombia | Atlántico | Barranquilla

Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución/
Barranquilla: Ediciones Corporación Universidad Latinoamericana, 2020.

116 p.; tablas; 17 X 24 cm
ISBN 978-958-52861-2-2
Incluye referencia bibliográfica

Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución.
I. Juan Carlos Herrera Vega. II. Liseth Paola Beltrán Rodríguez. III. Hugo Hernández Palma,
III. Jairo Martínez Ventura. v. Leidy Perez Coronell

658 G367 2020 Sistema de Clasificación Decimal Dewey 22ª. edición
Corporación Universitaria Latinoamericana –Sistema de Bibliotecas

Impreso en Barranquilla, Colombia. Depósito legal según el Decreto 460 de 1995. El Fondo Editorial Ediciones Corporación Universidad Latinoamericana se adhiere a la filosofía del acceso abierto y permite libremente la consulta, descarga, reproducción o enlace para uso de sus contenidos, bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

© Ediciones Corporación Universidad Latinoamericana
Calle 58 55 -24a
<http://libros.ul.edu.co/index.php/libros>
cinpro@ul.edu.co
Barranquilla - Colombia

Producción Editorial
Estrategias y calidad Editorial
Calle 80B No. 41D-83
contacto@estrategiasycalidadeditorial.com
www.estrategiasycalidadeditorial.com

2020
Barranquilla

Hecho en Colombia

CONTENIDO

CONTENIDO

Resumen.....	11
Abstract	12
Introducción.....	13
Objetivos De La Investigación	14
<i>Objetivo General</i>	14
<i>Objetivos Especificos</i>	14
Fundamentos Teoricos.....	15
<i>Distribución En Planta</i>	15
<i>Metodología S.l.p.</i>	17
<i>Algoritmo Corelap. El Computerized Relationship Layout Planning</i>	17
<i>Medición De Distancia Entre Departamentos</i>	18
<i>Rectilínea.</i>	19
<i>Juicio De Expertos.</i>	20
<i>Método De Agregados Individuales.</i>	21
<i>Coficiente De Concordancias.</i>	22
Antecedentes De La Investigación	25
<i>Antecedentes Del Diseño De Distribución De Planta.</i>	25
<i>Propuesta Y Análisis Del Diseño Y Distribución De Planta.</i>	25

<i>Localización Y Distribución De Planta Empresa Pretecor Ltda...</i>	26
<i>Criterios De Diseño Para Una Planta De Beneficio De Pollo...</i>	26
<i>Metodologías De Distribución De Plantas Para La Configuración De Un Centro De Distribución.</i>	27
Metodología De Investigación	27
<i>Herramienta Juicio De Expertos.....</i>	30
<i>Cálculo De Agregados Individuales Del Juicio De Expertos</i>	34
Resultados De La Investigación	41
Aplicación Del Metodo Corelap	43
Distribución De Planta #1 Según Resultados De Corelap 0.1...	46
Distribución De Planta #2 Según Resultados De Corelap 0.1...	52
Otras Alternativas De Distribucion De Planta.....	56
Distribución De Planta Alternativa#3	56
Distribución De Planta #4	60
Selección De Alternativa De Distribución Propuesta	64
Conclusiones.....	64
Referencias Bibliográficas.....	65



Diseño de planta de producción avícola con Planeación Sistemática de la Distribución

Juan Herrera Vega

Liseth Beltrán Rodríguez

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

Jairo Martínez Ventura

Leidy Perez Coronell

Corporación Universitaria Latinoamericana

Hugo Hernández Palma
Universidad del Atlántico

RESUMEN

El sector avícola se encuentra en un crecimiento en el país de acuerdo a información suministrada por la Federación Nacional Avícola en el consumo per cápita, en el presente documento se evidencia las ventajas de la creación de este tipo de industria en una población, buscando a través de esta investigación conocer la distribución de planta adecuada para el funcionamiento de este tipo de planta, utilizando la metodología Systematic Layout Planning (S.L.P) y Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP). Metodológicamente es necesario como primer punto aplicar una evaluación de juicio de expertos, y de manera consensuada logra determinar las relaciones de cercanías entre las áreas requeridas por la granja avícola de huevos, a través del análisis de los datos obtenidos por los 4 evaluadores técnicos que participan en el estudio, estos son procesados con la metodología de agregados individuales y validados con el estudio de análisis de concordancia del Minitab Statistical Software, el cual utiliza los estadísticos de Kappa y/o de Kendall para determinar la confiabilidad de las respuestas dadas. La aplicación de CORELAP para la definición de la distribución inicial requirió tanto las relaciones de cercanías obtenidas del juicio de expertos como

la aplicación del S.L.P con respecto a la determinación del requerimiento de espacios para cada área. La aplicación de la metodología permitió obtener la mejor distribución, conocida como distribución en U y los resultados en costo fueron de \$ 201 con una distancia de 276,96 m, para el aprovechamiento de un área de 3000 m² de la cual se disponía para la distribución de las áreas de la planta avícola.

PALABRAS CLAVES: Diseño de Planta, metodología Systematic Layout Planning (S.L.P), Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP), Juicio de expertos, metodología de agregados individuales.

ABSTRACT

The poultry sector is growing in the country according to information provided by the National Poultry Federation in per capita consumption. This document demonstrates the advantages of creating this type of industry in a population, searching through this research will know the distribution of adequate plant for the operation of this type of plant, using the Systematic Layout Planning (S.L.P) and Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) methodology. Methodologically it is necessary as a first point to apply the expert judgment, through which it is possible to determine the relations of neighborhoods between the areas required by the egg poultry farm, the data obtained from the 4 experts participating in the study are processed with the methodology of individual aggregates and validated with the study of concordance analysis of the Minitab Statistical Software, which uses the Kappa and / or Kendall statistics to determine the reliability of the answers given by the different experts. The application of CORELAP required both the commuter relations obtained from expert judgment and the application of the S.L.P with respect to the determination of the space requirement for each area. The application of the methodology allowed obtaining the best distribution, known as distribution in U and the results in cost were \$ 201 with a distance of 276.96 m, for the use of an area of 3000m² of which was available for distribution of the areas of the poultry plant.

KEYWORDS: Plant design, Systematic Layout Planning methodology (S.L.P), Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP), Expert judgment, individual aggregaty methodology.

INTRODUCCIÓN

La distribución de planta permite incrementar la productividad en las organizaciones, a su vez, la reducción de costos de sus operaciones, lo que es de vital importancia al momento de crear una empresa, para lograr que las utilidades se vean reflejadas en un menor tiempo. (Industrial, 2007)

La industria avícola viene creciendo de manera significativa, la presente investigación busca aprovechar la disposición de un terreno, evaluando el diseño de una distribución de planta adecuada que permita la reducción de tiempos y costos de producción asociados a desplazamientos de materiales, insumos y mano de obra directa, ordenando los espacios necesarios y de este modo minimizar las distancias de recorridas. Primeramente, se estimará la demanda de la planta de producción avícola a través de encuestas a tiendas y supermercados de la zona, las cantidades de adquisición del producto, su frecuencia de compra y así determinar la demanda proyectada de la planta de producción avícola y su capacidad instalada para satisfacer esta demanda.

Posteriormente se realizó una evaluación de juicio de expertos que permitió determinar la relación de cercanía de cada una de las áreas a considerar para la producción avícola en la finca la esperanza, evaluando los resultados a través del método de agregados individuales y usando Minitab Statistical Software para determinar el nivel de concordancia entre dichos expertos. Con los resultados obtenidos y la identificación de las necesidades y/o requisitos de espacios para los movimiento de material, movimiento y estancia de los animales, almacenamiento de materiales e insumos, movimientos de personal, ubicación de equipos, administración y servicios, se planteó el diseño de cuatro alternativas de distribución de planta conforme con el área disponible, los requisitos legales, técnicos y de bioseguridad, a través Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) y de la Planeación Sistemática de la Distribución (S.L.P).

Finalmente con la realización de este estudio se logró establecer las relaciones existentes entre los diversos departamentos y por ende se demostró la razón por la cual un departamento debe estar muy cercano a otro e incluso determinar que la lejanía entre otros no afectara la productividad, puesto que su relación es baja, igualmente se puede constatar el espacio requerido para la construcción y funcionamiento de la granja avícola teniendo en cuenta diversos requerimientos y para determina que alternativa genera mayores beneficios se evaluó cada una con los métodos de distancia mínima recorrida y costos por distancias recorridas, con una capacidad instalada para 500 gallinas, produciendo 3500 huevos semanalmente, concluyendo que la mejor

alternativa es una distribución en U, la cual genera resultados tanto en costos como en distancias recorridas de más de 33% menos con respecto al promedio de las 4 alternativas planteadas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Proponer una distribución de planta para la producción avícola a través del método Systematic Layout Planning (S.L.P) y Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) que minimice las distancias y costos asociados a desplazamientos de materiales, insumos y mano de obra directa, para su puesta en marcha.

Objetivos Específicos

- Determinar a través de encuestas la demanda proyectada de la planta de producción avícola para el establecimiento de la capacidad instalada requerida para satisfacerla.
- Realizar un juicio de expertos que permita determinar la relación de cercanía de cada una de las áreas a considerar para la planta de producción avícola.
- Identificar las necesidades y/o requisitos de espacios para movimiento de material, movimiento y estancia de los animales, almacenamiento de materiales e insumos, movimientos de personal, ubicación de equipos, administración y servicios.
- Identificar los requisitos legales, técnicos y de bioseguridad requeridos para el tipo de planta avícola, a través de fuentes de información de diferentes niveles, tales como normas técnicas, leyes, decretos, conceptos de expertos entre otros.
- Diseñar opciones de configuración de la planta de conformidad con el área disponible, los requisitos legales, técnicos y de bioseguridad, a través Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) y de la Planeación Sistemática de la Distribución (S.L.P).
- Evaluar y seleccionar una distribución inicial a partir de las soluciones factibles planteadas por S.L.P y CORELAP, considerando como criterios de decisión la función costo y distancias recorridas mínimas.

FUNDAMENTOS TEORICOS

Distribución En Planta

Cuando se piensa en crear o ampliar una empresa es importante pensar en la ubicación de cada maquinaria, equipo e insumos, el recorrido del personal, los espacios a utilizar, con el fin de lograr una buena productividad en el negocio. Muther (1981), que la distribución en planta requiere necesariamente un ordenamiento físico de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio.

Para Mejía, Wilches, Galofre & Montenegro (2011), la distribución en planta hace referencia a la organización física de los factores y elementos que actúan en el proceso productivo de la empresa, así como la determinación de espacios y ubicación de las áreas que la constituyen. Para establecer una distribución apropiada se requiere tener presente la diversidad de productos o servicios ofertados, las operaciones necesarias para la producción y las estaciones de trabajo, de tal manera que la distribución de estos factores garantice un flujo continuo y óptimo, que considere los espacios necesarios para los equipos de trabajo, operarios, el manejo de material y almacenamiento del mismo.

De acuerdo con Pérez Gosende (2016), el que no exista un adecuado nivel de adyacencia entre los centros de trabajo de la empresa, genera un desaprovechamiento de la jornada laboral en actividades de transporte que no aportan valor. Siendo esta una de las principales razones por las que aumentan los tiempos de producción unitarios (throughput time) y de que disminuyan los niveles de productividad. La necesidad de una redistribución se presenta, entonces, cuando se detectan brechas de mejora de la productividad a partir de la evaluación inicial del layout.

Para Chiang & Chiang (1998) el problema de localización y distribución de las instalaciones tiene que ver con encontrar el diseño más eficiente de un número determinado de áreas con distintos requerimientos de espacio dentro de las plantas, con el fin de asegurar el éxito de las operaciones que allí se desempeñen. La principal razón es que los costos de manejo de materiales comprenden entre el 30 y el 75% de los costos totales de manufactura. Este problema se caracteriza porque las posibles soluciones crecen en forma combinatoria a medida que aumentan el número de áreas o departamentos que se requieren ubicar, por lo cual se hace necesario el uso de heurísticas que proporcionen soluciones de calidad.

Jajodia, Minis, Harhalakis, & Proth, (1992), consideran que una buena distribución de las áreas de trabajo pretende aumentar la eficiencia de las operaciones, aumentar la producción, reducir costos, favorecer los métodos de trabajo, garantizar la seguridad y salud de los operarios y por tanto lograr un mejor desempeño de las labores. Así mismo, Sule (1994), una distribución eficiente también puede contribuir a la reducción en los ciclos de producción, tiempos muertos, trabajo en proceso, número de cuellos de botella o tiempos de manejo de material y al incremento de la producción.

Según (Chase, Aquilano, & Jacobs, 2000) el propósito de la distribución en planta es establecer la configuración de los departamentos, estaciones de trabajo, máquinas, puntos de atención al cliente, y puntos de mantenimiento de las existencias, para garantizar un flujo uniforme de trabajo en una fábrica o un patrón de tráfico determinado en una empresa de servicios. Sus principales propósitos son: (i) Minimizar los costos del manejo de materiales, (ii) Utilizar el espacio eficazmente, (iii) Desarrollar la labor eficazmente, (iv) Facilitar la comunicación e interacción entre los trabajadores, trabajadores y sus supervisores, o trabajadores y clientes, (v) Reducir el tiempo del ciclo industrial o el tiempo de servicio al cliente y (vi) Facilitar las actividades de mantenimiento.

Sin embargo, para López (2000) un diseño óptimo de planta busca conseguir una óptima distribución óptima del manejo del personal, equipamientos, almacenes, sistemas de manutención de materiales y todos los servicios que sean necesarios. Este ordenamiento se centrará en determinar la distribución de las áreas de trabajo y del equipo más económica para llevar a cabo el proceso productivo, al mismo tiempo, que sea la más segura y satisfactoria para el personal y para el entorno de la planta industrial. Paralelamente Baca (2001) relaciona que la distribución de una planta está determinada por tres factores: (i) (i) tipo de producto (un bien o un servicio), (ii) tipo de proceso productivo (tecnología empleada y materiales que se requieren) y (iii) volumen de la producción (continuo con alto volumen de producción o por lotes con bajo volumen de producción); así mismo menciona tres tipos de distribución: (i) por producto, (ii) por proceso y (iii) por proyecto.

Aunque para el desarrollo de la distribución en planta existen diferentes métodos, para esta investigación se proponen usar dos, el Systematic Layout Planning (S.L.P) y el Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP)

Metodología S.l.p.

El método propuesto por Muther (1973), conocido como Systematic Layout Problem (SLP), se desarrolla en etapas claras y definidas, análisis, búsqueda y solución. Durante la primera etapa, conociendo previamente el problema a abordar, se estudian los flujos productivos determinantes para la distribución, tales como flujo de materiales, información, operadores, etc., luego se desarrolla una matriz de relaciones en la que se asigna por cada par de instalaciones una etiqueta de acuerdo con la razón de cercanía que refleja la mayor o menor necesidad de situar próximas las secciones de dicho par. Las relaciones de cercanía se muestran en el diagrama con los valores de A, E, I, O, U, X, que para cada par de instalaciones significan absolutamente necesario, especialmente importante, importante, indiferente, no importante e indeseable, respectivamente. Luego, se lleva a cabo una primera aproximación de la distribución, buscando satisfacer los requerimientos definidos en la matriz de relación. En la segunda etapa, se desarrolla el diagrama de relaciones espaciales detallando la forma de cada área e incluyendo los pasillos y requerimientos técnicos. Finalmente, en la etapa de solución se evalúan todas las posibles soluciones encontradas en la etapa anterior, utilizando un criterio optimizador, y de esta forma obtener una solución. (Mejia, Wilches, Galofre, & Montenegro, 2011)

Algoritmo Corelap. El Computerized Relationship Layout Planning

De acuerdo a lo que menciona Fernández Márquez (2004), CORELAP es un algoritmo de carácter constructivo, cuyo objetivo es desarrollar una distribución donde los departamentos con un mayor valor de relación de cercanía (CR) se definan lo más próximos posible. Para valorar la CR entre actividades o departamentos es necesario tener en cuenta los flujos entre los procesos que se están analizando, así como otros aspectos relevantes (personal compartido, volumen de flujos entre ellos, afinidad operacional, etc.). Este algoritmo parte del diagrama de relaciones para luego determinar su puntaje de relación o Total Closeness Relationship (TCR), este se obtiene de la contabilización de la cantidad de relaciones A, E, I, O, U y X o 6, 5, 4, 3, 2, y 1 correspondientemente, que existe entre cada departamento y luego se multiplica el resultado por los valores correspondientes a cada letra, al obtener los resultados se organizan los departamentos en orden descendente teniendo en cuenta el valor del TCR de cada departamento. Luego se procede a elaborar el layout introduciendo el departamento con mayor TCR en el centro, seguidamente se inician las iteraciones tomando el departamento con mayor TCR con respecto a los departamentos ya ubicados y teniendo en cuenta los posibles lugares de ubicación y las limitaciones del problema. En caso de empates se

escoge aquel con mayor TCR total de acuerdo al orden en el cual se habían ordenado inicialmente antes de ubicar el primer departamento y en caso de que persista el empate se elige el de menor área.

CORELAP utiliza las siguientes funciones objetivo como criterio de optimización, según lo expuesto por Coronado H. (2007):

- Minimizar $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V(CR_{ij})X_{ij}$ (1)

donde $V(CR_{ij})$ es el valor de la relación de cercanía entre i y j y X_{ij} es la distancia entre i y j .

- Maximizar $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V(CR_{ij})\delta_{ij}$ (2)

donde $V(CR_{ij})$ es el valor de la relación de cercanía entre i y j y δ_{ij} es 1 si i y j son adyacentes y 0 si no lo son”.

Para el diseño de distribución en planta de una producción avícola se usara el software CORELAP 0.1, gracias a que se cuenta con el espacio para el desarrollo de dicha actividad.

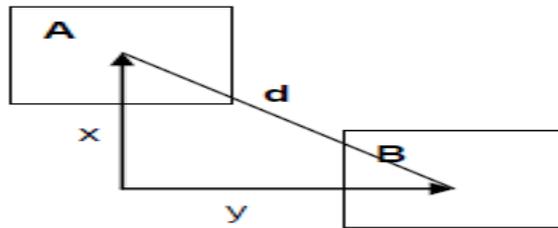
Medición De Distancia Entre Departamentos.

Según Phillips (1997), La técnica Euclídea mide la distancia recta entre el centro de dos departamentos tomando en cuenta las coordenadas en x y y , siendo el departamento de Origen (x_i, y_i) y el departamento destino (x_j, y_j)

distancia $d_{ij} = ((x_i, x_i)^2 + (y_j, y_j)^2)^{0,5}$ (3)

En la ilustración 1, se muestra la forma de cálculo de la distancia Euclidiana

Ilustración 1. Medición de distancia Euclídiana



Fuente: (Galindo Álvarez, 2009)

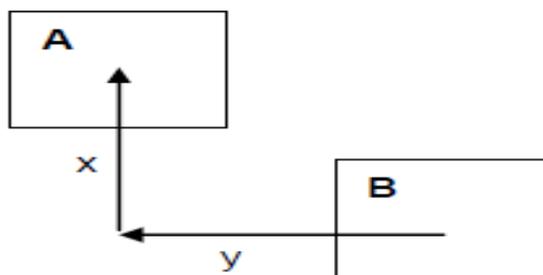
Rectilínea.

“La medición de distancias entre departamentos se puede realizar usando la técnica rectilínea, esta técnica mide las distancias entre los centros de los departamentos, pero en una distancia $x + y$, su fórmula es: (Galindo Álvarez, 2009)

$$d_{ij} = |x_i, x_j| + |y_i, y_j| \quad (4)$$

Lo cual se puede observar gráficamente en la ilustración Medición de distancia Rectilínea.

Ilustración 2. Medición de distancia Rectilínea.



Fuente: (Galindo Álvarez, 2009)

Juicio De Expertos.

La metodología del juicio de expertos es considerada como una opinión informada de personas con trayectoria en un determinado tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones. Autores como Skjong y Wentworht (2000), y de Arquer (1995) han propuesto diversos pasos para la realización del juicio de expertos: (a) Preparar instrucciones y planillas, (b) seleccionar los expertos y entrenarlos, (c) explicar el contexto, (d) posibilitar la discusión, y (e) establecer el acuerdo entre los expertos por medio del cálculo de consistencia. Además de estos pasos comunes a los diferentes autores, se debe instruir claramente al juez en la dimensión y el indicador que mide cada ítem o un grupo de ellos.

Para Escobar Pérez & Cuervo Martínez, (2008) el juicio de expertos nace de la necesidad de cuando se realiza una prueba poder estimar su validez de contenido. Para realizarlo se debe recabar información de manera sistemática. A continuación, se proponen una serie de pasos que permiten organizar la información, de manera que el proceso de juicio de expertos sea más eficiente.

1. Definir el objetivo del juicio de expertos. En este apartado los investigadores deben tener clara la finalidad del juicio, ya que puede utilizarse con diferentes objetivos: (a) Establecer la equivalencia semántica de una prueba que se encuentra validada en otro idioma, (b) evaluar la adaptación cultural, es decir, el objetivo de los jueces es evaluar si los ítems de la prueba miden el mismo constructo en una cultura distinta; así por ejemplo, los ítems que midan agresividad en una prueba validada en el Tibet, pueden no estar midiendo lo mismo en Alemania, y (c) validar contenido en una prueba diseñada por un grupo de investigadores.
2. Selección de los jueces. Para ello han de tomarse en cuenta los criterios especificados anteriormente para la selección, considerando la formación académica de los expertos, su experiencia y reconocimiento en la comunidad. Se propone un mínimo de cinco jueces, dos de los cuales deben ser expertos en medición y evaluación, y para el caso de traducciones y adaptaciones de pruebas, se requiere por lo menos un experto en lingüística.
3. Explicitar tanto las dimensiones como los indicadores que está midiendo cada uno de los ítems de la prueba. Esto le permitirá al juez evaluar la relevancia, la suficiencia y la pertinencia del ítem. No hay que dar por sentado que el juez únicamente con la descripción del constructo a medir pueda identificarlo claramente, ya que como se mencionó anteriormente, es posible que existan diferentes definiciones de un mismo constructo.

4. Especificar el objetivo de la prueba. El autor debe proporcionar a los jueces la información relacionada con el uso de la prueba, es decir, para qué van a ser utilizados los puntajes obtenidos a partir de validez de contenido y juicio de expertos 31 de ésta. Esto aumenta la contextualización del juez respecto a la prueba, incrementando a su vez el nivel de especificidad de la evaluación; ya que la validez de los ítems está directamente relacionada con su utilización.
5. Establecer los pesos diferenciales de las dimensiones de la prueba. Esto sólo se hace cuando algunas de las dimensiones tienen pesos diferentes. Por ejemplo, si una prueba va a ser utilizada para el diagnóstico y asignación a un programa de rehabilitación de una adicción, se debe dar mayor peso a las dimensiones que midan la calidad de vida que a las que evalúen personalidad adictiva.
6. Diseño de planillas. La planilla se debe diseñar de acuerdo con los objetivos de la evaluación. No obstante, en el Anexo 1 proponemos una planilla que puede ser utilizada en la gran mayoría de juicios de expertos, con sus respectivos indicadores para la calificación.
7. Calcular la concordancia entre jueces. Para esto se utilizan los estadísticos Kappa y Kendall, que serán abordados posteriormente.

Arquer (1995) expresa la existencia de varios métodos para la obtención de juicios de expertos, que pueden clasificarse acorde a la forma en que se realiza la evaluación, sea individual o colectiva. En la primera categoría se encuentran algunos como el método de agregados individuales y el método Delphi, en ambos métodos cada juez realiza la evaluación individualmente, pero en el Delphi, luego de analizar las respuestas se le envía a cada juez la mediana obtenida y se le pide que reconsidere su juicio hasta que se logre un consenso. Según (Fels-Klerx, I. Gossens, & H & Horst, 2002) esta técnica ofrece un alto nivel de interacción entre los expertos, evitando las desventajas de la dinámica grupal. Entre las técnicas grupales se encuentra la nominal y el consenso, en ambas se requiere reunir a los expertos, pero en la última se exige mayor nivel de acuerdo.

Método De Agregados Individuales.

Se pide individualmente a cada experto que dé una estimación directa de los ítems del instrumento. Éste es un método económico porque, al igual que el método Delphi, no exige que se reúna a los expertos en un lugar determinado. Puede parecer un método limitado porque los expertos no pueden intercambiar sus opiniones, puntos de vista y experiencia, ya que se les requiere individualmente; no obstante, esta limitación puede ser precisamente lo que se esté buscando para evitar los sesgos de los datos

ocasionados por conflictos interpersonales, presiones entre los expertos, etc. Se procede de la siguiente manera: (Corral, 2009)

- Se seleccionan al menos tres expertos o jueces, para juzgar de manera independiente la relevancia y congruencia de los reactivos con el contenido teórico, la claridad en la redacción y el sesgo o tendenciosidad en la formulación de los ítems, es decir, si sugieren o no una respuesta.
- Cada experto debe recibir la información escrita suficiente sobre: el propósito de la prueba (objetivos), conceptualización del universo de contenido, tabla de especificaciones o de operacionalización de las variables del estudio.
- Cada experto debe recibir un instrumento de validación que contenga: congruencia ítem-dominio, claridad, tendenciosidad o sesgo y observaciones.
- Se recogen y analizan los instrumentos de validación y se decide:
 - »» Los ítems que tienen 100% de coincidencia favorable entre los jueces (congruentes, claros en su redacción y no tendenciosos) quedan incluidos en el instrumento
 - »» Los ítems que tengan 100% de coincidencia desfavorable entre los jueces quedan excluidos del instrumento
 - »» Los ítems que tengan una coincidencia parcial entre los jueces deben ser revisados, reformulados o sustituidos, si es necesario, y nuevamente validados.

“Lo habitual es calcular la media aritmética del conjunto de estimaciones individualmente obtenidas, para cada tarea. Esto se hace presuponiendo que el conjunto de los datos posibles tiene una distribución simétrica y, por tanto, la media aritmética es un buen índice de tendencia central”. (de Arquer, 1995) Como se observa en la literatura la aplicación de análisis y pruebas de confiabilidad en este método se limitan regularmente a las medidas de tendencia central, pero existen otro tipo de pruebas que se pueden tener en cuenta en los juicios de expertos como lo son el coeficiente de concordancia.

Coefficiente De Concordancias.

Este coeficiente se utiliza cuando se quiere conocer el grado de asociación entre k conjuntos de rangos (Siegel & Castellan, 1995), por lo cual es particularmente útil cuando se les solicita a los expertos asignarles rangos a los ítems, por ejemplo, de 1 a 4. El mínimo valor asumido por el coeficiente es 0 y el máximo 1, y su interpretación es la misma que para el coeficiente de Kappa. Sin embargo, hay que hacer la salvedad que hay que

revisar la calificación dada a cada ítem, ya que puede haber una alta concordancia en los aspectos, un ejemplo de ello es que el ítem no sea adecuado. Obviamente en este caso se debe eliminar o modificar el ítem completamente hasta que ajuste a los objetivos de la medición de forma acertada. Según Siegel y Castellan (1995), un valor alto de la w puede interpretarse como un reflejo de que los k observadores o jueces están aplicando los mismos estándares al asignar rangos a los ítems. Esto no garantiza que los ordenamientos observados sean correctos, ya que todos los jueces pueden concordar si todos están utilizando un criterio incorrecto para clasificar. Es debido a esto último que el criterio de selección de jueces cobra especial relevancia al igual que la independencia entre los mismos. (Escobar Pérez & Cuervo Martínez, 2008)

“Para estimar la confiabilidad de un juicio de expertos, es necesario conocer el grado de acuerdo entre ellos, ya que un juicio incluye elementos subjetivos”. Por ello, se hace necesario el uso del coeficiente intraclase o coeficiente de concordancia que no es más que una medida generalizada de la confiabilidad entre calificadores.

Para Escobar Pérez & Cuervo Martínez son destacados el estadístico de Kappa y el coeficiente de concordancia de W Kendall mientras que para Ramírez Urizarri & Toledo Fernández solo el coeficiente de concordancia de Kendall es importante, ambos son válidos pero tienen distintas connotaciones ya que el método Kappa usualmente se utiliza para medir en escala nominal (si o no, bueno o malo, medible o no medible, etc.) mientras que la técnica de Kendall se utiliza en escalas ordinales (1 a 10, 1 a 5, 0 a 4, etc.), en cuanto a su interpretación para Kappa según Sim & Wright: “El estadístico tiene un rango entre -1 y 1, pero generalmente se ubica entre 0 y 1. Si el coeficiente es 1 indica acuerdo perfecto entre los evaluadores, si es 0 indica que el acuerdo no es mayor que el esperado por el azar, y si el valor del coeficiente es negativo el nivel de acuerdo es inferior al esperado por el azar”. Mientras que para el coeficiente de Kendall “El mínimo valor asumido por el coeficiente es 0 y el máximo 1, y su interpretación es la misma que para el coeficiente de Kappa”.

“Para *Minitab Statistical Software* “Proporciona las herramientas necesarias para transformar datos en soluciones, desde la preparación de los datos para el análisis hasta la entrega de resultados sólidos.” (Minitab, 2017), por lo tanto, se pueden llevar a cabo los análisis de concordancia utilizando los dos coeficientes antes mencionados, utilizando el análisis de concordancia de atributos para el cual se indica:

Utilice los análisis de concordancia de atributos para evaluar la concordancia de calificaciones nominales subjetivas o calificaciones ordinales subjetivas realizadas por múltiples evaluadores y para determinar cuál es la probabilidad de que su sistema de medición clasifique erróneamente una parte.

De acuerdo a esto, la utilización de análisis estadísticos para determinar el nivel de confianza de las mediciones subjetivas como por ejemplo para el caso de los juicios de expertos estaría sujeta a la utilización del coeficiente de concordancia que más se asemeje o trate los datos resultantes del juicio, para esta investigación particular los datos resultantes se consideran ordinales puesto que las calificaciones miden el grado de afinando entre pares de departamentos en escalas de 1 a 6 y que van desde el más bajo hasta el más alto posible en un orden creciente, por ello, el coeficiente preferente o de mayor significancia para esta es el de Kendall.

3.5 Bioseguridad en granjas avícolas. “una granja avícola es un espacio geográfico que consta de una o varias unidades físicas-territoriales compuesta por sectores, donde se encuentran las aves de corral con un manejo sanitario, administrativo y de registros con propósitos comunes” (Federación Nacional de Avicultores de Colombia, 2016)

Ricaurte Galindo (2005) define la Bioseguridad es el conjunto de prácticas de manejo diseñadas para prevenir la entrada y transmisión de agentes patógenos que puedan afectar la sanidad en las granjas avícolas. La bioseguridad es una parte fundamental de cualquier empresa avícola ya que proporciona un aumento de la productividad de la parvada y un aumento en el rendimiento económico. En líneas generales, se debe contemplar la localización de la granja, características constructivas de los galpones, control de parvadas extraños a la granja, limpieza y desinfección de los galpones, control de visitas, evitar el stress en las aves encasetas, evitar la contaminación del pienso, control de vacunaciones y medicaciones y control de deyecciones, cadáveres, etc.

Además, Ricaurte Galindo (2005) considera que las medidas de bioseguridad están diseñadas para prevenir y evitar la entrada de agentes patógenos que puedan afectar a la sanidad, el bienestar y los rendimientos zootécnicos de las aves. La bioseguridad, en nuestra opinión, es la práctica de manejo con menor costo y más segura para el control de enfermedades. Ahora bien, entendemos que el concepto de bioseguridad es un concepto mucho más amplio ya que también hace referencia a la localización física de la granja (bioseguridad física) y al diseño de la granja (bioseguridad estructural). Todo plan de bioseguridad debe ser en su naturaleza, fácil y práctico de aplicar y versátil, de tal manera que pueda adaptarse a los avances en producción animal.

Finalmente, Ricaurte Galindo (2005) deja en claro contemplar los siguientes aspectos del programa de bioseguridad:

- Localización de la granja.
- Características de construcción de los galpones.
- Control de animales extraños de explotación.

- Limpieza y desinfección de la granja.
- Utilización de lotes de la misma edad o de dos edades.
- Control de las visitas y personal ajeno a la explotación.
- Evitar el stress de las aves encasetadas.
- Evitar la contaminación del pienso.
- Controlar los programas de vacunación y medicación de la parvada.

En esta granja avícola se buscará obtener el certificado del Instituto Colombiano Agropecuario de granja biosegura.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes Del Diseño De Distribución De Planta.

Para la realización de este proyecto se investigó en los diferentes proyectos enunciados a continuación, los cuales tienen mucha relación con el objetivo del estudio que se realiza.

Propuesta Y Análisis Del Diseño Y Distribución De Planta.

Uno de los antecedentes a nivel nacional es la “Propuesta y análisis del diseño y distribución de planta de Alfering limitada sede II” presentado en la Universidad del Magdalena. El autor de esta investigación busca “diseñar una distribución de planta que permita optimizar la disposición de los elementos en el área de PRODUCCION: Máquinas, recursos humanos y materiales; de tal manera, que el valor creado por el diseño implementado eleve los niveles de eficiencia de este departamento”. Con el desarrollo de investigación se realiza un análisis detallado de la empresa Alfering ltda, donde se explica su proceso productivo, además, muestra el análisis a los diferentes factores, factor hombre, factor máquina, factor movimiento, factor servicio, mostrando los problemas encontrados y las recomendaciones. Por último, da a conocer las recomendaciones donde se procede a la elaboración de un plano donde se sugieren la ubicación de la maquinaria y equipos. La relación que guarda con el proyecto que se lleva a cabo, es el análisis para llevar a cabo un nuevo diseño de distribución de planta, aunque los procesos sean diferentes, el desarrollo es similar.

Localización Y Distribución De Planta Empresa Pretector Ltda.

Otro de los antecedentes consultados es “Localización y distribución de planta de la empresa Pretector Ltda.” Presentado a la Universidad Industrial de Santander en 2006. El señor CARDOZO ORTIZ, Diego Armando realizó esta tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial; en su investigación el autor explica la importancia de un reconocimiento total del tema de distribución en planta, siendo un pilar sobre el cual se construyen e implementan mejoras en los procesos, ofreciendo una distribución más apropiada y con un mayor beneficio para el mejoramiento continuo de las empresas. Explica que Pretector Ltda es una empresa que ha crecido en su demanda, pero sus instalaciones quedaron pequeñas para poder satisfacer esta nueva demanda, por lo tanto, los directivos se encontraban en busca de un diseño de planta de producción con el cual logran obtener varios beneficios, no solo para el interior de la organización, sino también mejorar la relación con los clientes y un posicionamiento en el mercado como una empresa altamente competitiva. Como resultado de este proyecto el autor brinda un análisis de mercado, un análisis financiero, análisis de todo el proceso de la empresa y el diseño de la planta en Autocad. Este tiene una relación mayor a diferencia de los otros, por lo que de igual forma se busca analizar el mercado y ofrecer la propuesta de diseño de distribución en planta en Autocad.

Criterios De Diseño Para Una Planta De Beneficio De Pollo.

Otra de las investigaciones consultadas fue el artículo “Criterios de diseño para una planta de beneficio de pollo, establecimiento de un sistema de aseguramiento de calidad e implementación de un programa de trazabilidad” presentado al Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima Colombia en 2010, por REYES MÉNDEZ, Laura María, OSORIO TANGARIFE, Mónica Patricia y SALAMANCA GROSSO, Guillermo. Ellos se basaron en el crecimiento del consumo per cápita del pollo en Colombia, y la necesidad de ofrecer un producto fresco de buena calidad, por lo que iniciaron con la localización de la planta evaluando cinco criterios y cinco alternativas, para poder tener la localización adecuada, luego realizaron la representación gráfica del proceso establecido en un diagrama de recorrido sencillo, sacando de este la relación entre las diferentes actividades, el diagrama de flujo por equipo y la distribución de planta adecuada, de aquí lograron desarrollar un plan HACCP para establecer los límites críticos de cada proceso y un perfil sanitario basado en las Buenas Prácticas de Manufactura para la industria de alimentos, garantizando de esta forma la inocuidad alimentaria en todo el proceso. En esta investigación ya se observa una distribución en planta parecida a

nuestro proceso avícola, aunque la línea sea diferente, aporta a la realización de mi investigación con el procedimiento.

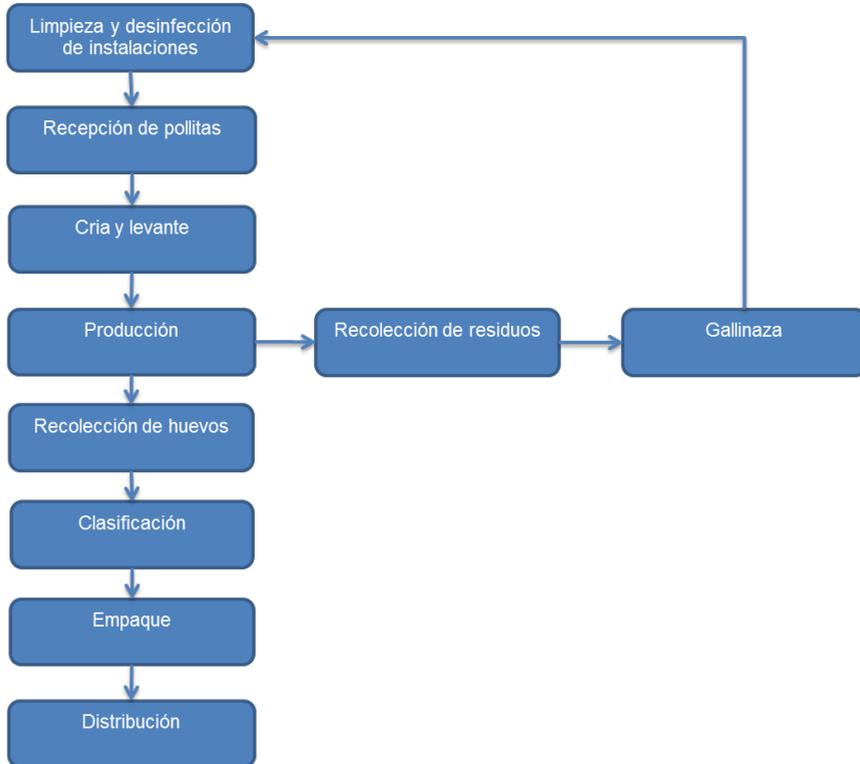
Metodologías De Distribución De Plantas Para La Configuración De Un Centro De Distribución.

Otra de las investigaciones consultadas fue el artículo “Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución” presentado a la Universidad Autónoma del Caribe de Barranquilla en 2011, por los estudiantes MEJIA A., Heidy, WILCHES, María Jimena, GALOFRE, Marjorie y MONTENEGRO, Yennys. Elas se basaron en el La distribución en planta referenciando la organización física de los factores y elementos intervinientes en el proceso productivo y a la determinación de espacios y ubicación de sus diferentes áreas productivas. De esta forma se logró determinar la distribución más adecuada para el área de almacenamiento de un centro de distribución, considerando las características especiales de los productos que allí se almacenan. Lograron implementar la metodología S.L.P y la heurística CORELAP para definir la distribución más adecuada acorde con las condiciones establecidas en la normatividad.

METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de la investigación primeramente se realiza un Diagrama de Procesos, en el que se relaciona las actividades a realizar en la planta avícola.

Ilustración 3. Diagrama de proceso de producción de huevos La Esperanza



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente para el establecimiento de la demanda y capacidad instalada requerida se analiza la demanda proyectada del mercado utilizando la información de cantidades y frecuencia de compra o aprovisionamiento de anaqueles de huevos, dado que el producto en cuestión es perecedero y que la mayoría de posibles clientes tienen frecuencia de compra semanal, la demanda se proyecta en periodos de tiempo semanal, por lo cual se convierten las cantidades de anaqueles de las tiendas que tienen frecuencia de compra quincenal a la mitad.

Tabla 1. Cantidad de anaqueles requeridos semanalmente

TIENDA	CANTIDAD DE ANAQUELES POR SEMANA	FRECUENCIA DE COMPRA
1	15	Semanal
2	15	Semanal
3	6	Quincenal
4	6	Quincenal
5	4	Quincenal
6	5	Quincenal
7	6	Semanal
8	7	Semanal
9	6	Semanal
10	5	Semanal
11	5	Semanal
12	5	Quincenal
13	6	Semanal
14	4	Semanal
TOTAL	95	

Fuente: Elaboración propia

Unidades por anaquel = 30

Cantidades de anaqueles = 95

Cantidad de huevos = $30 \times 95 = 2.850$

Postura de gallinas = 7 en la semana

Cantidad de gallinas = $2.850 / 7 = 407$

De esta forma se concluye que se requiere una capacidad de 407 gallinas como mínimo para satisfacer la demanda actual, pero como se busca ampliar el mercado a los municipios vecinos se iniciara con una capacidad instalada de 500 gallinas, además se tiene en cuenta que puede haber gallinas que no puedan producir huevos o mueran en el proceso de producción. Con esta capacidad instalada se llegarían a producir alrededor de 3.500 huevos semanalmente.

Finalmente se ejecuta el juicio de expertos utilizando la metodología de agregados individuales, primero se seleccionaron 4 profesionales en el área de producción avícola, para participar en el proceso de determinación de relaciones de cercanías entre departamentos del proceso productivo, para ello inicialmente se realiza la entrega de la herramienta para realizar los juicios y recomendaciones pertinentes al estudio, posteriormente los datos son recopilados y procesados aplicando la metodología seleccionada, luego para la validación de los resultados se analiza la desviación estándar para identificar el grado de dispersión de los datos y los casos particulares y/o atípicos que se pudieron dar en los juicios emitidos por los expertos y finalmente se realiza el análisis de concordancia de Minitab Statistical Software para determinar el grado de confiabilidad o concordancia entre evaluadores a través de los coeficientes de concordancia de Kappa y Kendall.

Herramienta Juicio De Expertos

Para la obtención de una distribución de planta se utilizó la metodología S.L.P, para lo cual es necesario determinar la relación de cercanía que debe existir entre cada una de las áreas a considerar dentro de la producción avícola, esto garantizará que los tiempos de desplazamiento serán mínimos en aquellos pares de departamentos cuya relación sea fuerte y que por ende presentan el mayor flujo de personal, información, materiales, etc.

Para determinar la relación de cercanía entre cada una de las áreas se procede a realizar un juicio de expertos, basado en la experiencia y el conocimiento de cada participante, usando el método de agregados individuales, donde se pidió a cada experto que diera de acuerdo a su experticia una relación de proximidad para cada una de las áreas de producción.

Tabla 2. Valor de proximidad entre áreas de procesos

VALOR	PROXIMIDAD	VALOR
A	Una al lado de la otra	6
E	Muy cercanas	5
I	Cercanas	4
O	Lejanas	3
U	Muy lejanas	2
X	Independiente	1

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4. Diagrama de relación de actividades ejemplo para juicio de expertos

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque
Recepcion de pollitas					
Cria y levante					
Producción					
Clasificación					

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5. Diagrama de relación de actividades con áreas de la granja

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas											
Cria y levante											
Producción											
Clasificación											
Empaque											
Zona de vehiculos de distribución											
Vestuarios											
Almacen de alimentos											
Almacen de implementos de aseos											
Zona de Residuos											
Oficina administrativa											

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, cada experto emitió su juicio obteniendo 4 distintos diagramas de relación de actividades, a los cuales se debe aplicar el método de agregados individuales para obtener un diagrama unificado. A continuación, se muestran las respuestas de cada experto.

Experto #1

Ilustración 6. Diagrama de relación de actividades experto #1

AREAS	Recepcion de pollitas	Cría y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas	I	O	U	U	E	U	U	X	X	X	
Cría y levante		I	O	U	X	U	U	X	X	X	
Producción			I	I	X	U	U	X	X	X	
Clasificación				A	X	U	U	X	X	X	
Empaque					X	U	U	X	X	X	
Zona de vehiculos de distribución						O	X	O	X	U	
Vestuarios							X	U	X	X	
Almacen de alimentos								X	X	X	
Almacen de implementos de aseos									X	X	
Zona de Residuos											X
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

- Experto #2

Ilustración 7. Diagrama de relación de actividades experto #2

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas		I	U	U	U	A	O	U	X	X	X
Cria y levante			E	U	U	X	U	O	X	X	X
Producción				I	O	X	U	O	X	X	X
Clasificación					A	X	U	U	X	X	X
Empaque						I	U	U	X	X	X
Zona de vehiculos de distribución							O	U	O	X	X
Vestuarios								U	U	X	X
Almacen de alimentos									X	X	X
Almacen de implementos de aseos										X	X
Zona de Residuos											X
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

- Experto #3

Ilustración 8. Diagrama de relación de actividades experto #3

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas		I	O	U	O	E	U	U	X	X	X
Cria y levante			E	U	O	X	U	U	X	X	X
Producción				I	O	X	U	U	X	X	X
Clasificación					A	X	U	U	U	X	X
Empaque						I	O	U	U	X	X
Zona de vehiculos de distribución							O	U	O	X	O
Vestuarios								U	U	X	U
Almacen de alimentos									X	X	U
Almacen de implementos de aseos										X	X
Zona de Residuos											X
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

- Experto #4

Ilustración 9. Diagrama de relación de actividades experto #4

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacén de alimentos	Almacén de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas		O	O	U	U	E	U	O	X	X	O
Cria y levante			I	U	U	X	U	O	X	X	X
Producción				O	U	X	U	O	X	X	X
Clasificación					A	X	U	O	X	X	X
Empaque						O	O	O	X	X	X
Zona de vehiculos de distribución							O	X	U	X	I
Vestuarios								O	O	X	X
Almacén de alimentos									X	X	U
Almacén de implementos de aseos										X	U
Zona de Residuos											X
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

Cálculo De Agregados Individuales Del Juicio De Expertos

El diagrama de relaciones indica la interacción que deberá existir entre todas las áreas de la empresa evaluando la proximidad obtenida a través del juicio de experto. Para obtener el diagrama de relación de actividades definitivo se toman los resultados brindados a través del juicio de experto y se pasan los valores en letras a su correspondiente valor numérico según la tabla 2, se procede a hallar la media aritmética para cada ítem y finalmente el valor agregado se debe convertir nuevamente a su correspondiente valor en letras. En las ilustraciones 10 a la 15, se muestran los resultados obtenidos aplicando el método de agregados individuales.

- Experto #1

Ilustración 10. Diagrama de relación de actividades experto #1 numérico

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas	4	3	2	2	5	2	2	1	1	1	
Cria y levante		4	3	2	1	2	2	1	1	1	
Producción			4	4	1	2	2	1	1	1	
Clasificación				6	1	2	2	1	1	1	
Empaque					1	2	2	1	1	1	
Zona de vehiculos de distribución						3	1	3	1	2	
Vestuarios							1	2	1	1	
Almacen de alimentos								1	1	1	
Almacen de implementos de aseos									1	1	
Zona de Residuos										1	
Oficina administrativa											1

Fuente: elaboración propia

- Experto #2

Ilustración 11. Diagrama de relación de actividades experto #2 numérico

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas	4	2	2	2	6	3	2	1	1	1	
Cria y levante		5	2	2	1	2	3	1	1	1	
Producción			4	3	1	2	3	1	1	1	
Clasificación				6	1	2	2	1	1	1	
Empaque					4	2	2	1	1	1	
Zona de vehiculos de distribución						3	2	3	1	1	
Vestuarios							2	2	1	1	
Almacen de alimentos								1	1	1	
Almacen de implementos de aseos									1	1	
Zona de Residuos										1	
Oficina administrativa											1

Fuente: elaboración propia

- Experto #3

Ilustración 12. Diagrama de relación de actividades experto #3 numérico

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas	4	3	2	3	5	2	2	2	1	1	1
Cria y levante		5	2	3	1	2	2	1	1	1	1
Producción			4	3	1	2	2	1	1	1	1
Clasificación				6	1	2	2	2	1	1	1
Empaque					4	3	2	2	1	1	1
Zona de vehiculos de distribución						3	2	3	1	3	
Vestuarios							2	2	1	2	
Almacen de alimentos								1	1	2	
Almacen de implementos de aseos									1	1	
Zona de Residuos											1
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

- Experto #4

Ilustración 13. Diagrama de relación de actividades experto #4 numérico

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas	3	3	2	2	5	2	3	1	1	3	
Cria y levante		4	2	2	1	2	3	1	1	1	
Producción			3	2	1	2	3	1	1	1	
Clasificación				6	1	2	3	1	1	1	
Empaque					3	3	3	1	1	1	
Zona de vehiculos de distribución						3	1	2	1	4	
Vestuarios							3	3	1	1	
Almacen de alimentos								1	1	2	
Almacen de implementos de aseos									1	2	
Zona de Residuos											1
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

- Agregados individuales

Ilustración 14. Diagrama relacional unificado juicio de experto numérico

AREAS	Recepcion de pollitas	Cría y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas		4	3	2	2	5	2	2	1	1	2
Cría y levante			5	2	2	1	2	3	1	1	1
Producción				4	3	1	2	3	1	1	1
Clasificación					6	1	2	2	1	1	1
Empaque						3	3	2	1	1	1
Zona de vehiculos de distribución							3	2	3	1	3
Vestuarios								2	2	1	1
Almacen de alimentos									1	1	2
Almacen de implementos de aseos										1	1
Zona de Residuos											1
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

Ilustración 15. Diagrama relacional unificado juicio de experto

AREAS	Recepcion de pollitas	Cría y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de aseos	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas		I	O	U	U	E	U	U	X	X	U
Cría y levante			E	U	U	X	U	O	X	X	X
Producción				I	O	X	U	O	X	X	X
Clasificación					A	X	U	U	X	X	X
Empaque						O	O	U	X	X	X
Zona de vehiculos de distribución							O	U	O	X	O
Vestuarios								U	U	X	X
Almacen de alimentos									X	X	U
Almacen de implementos de aseos										X	X
Zona de Residuos											X
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

Para determinar la confiabilidad de los resultados inicialmente se calculó la desviación estándar de los datos por cada ítem, ver la ilustración 16. Observándose que solo 5 valor son iguales o superiores a 0.82, el 49.09% de los resultados tienen desviación estándar igual a 0 y el restante está entre 0.50 y 0.58, es decir que el 49.09% de los juicios emitidos por los expertos tienen 100% de coincidencia exacta, el 41.82% de los juicios emitidos por los expertos tiene una coincidencia muy cercana con tan solo 0.5 a 0.6 puntos de diferencia generando un rango de valores que tan solo difieren en un nivel, lo cual es absolutamente aceptable dada la subjetividad inherente al juicio de cada juez, y solo el 9.09% de resultados difieren en cerca o más de una unidad. El valor máximo de la desviación estándar se situó en 1.41 correspondiente a la evaluación de relación entre el departamentos de empaque y la zona de distribución, sin embargo, al analizar las puntuaciones obtenidas se observa que el Experto 1 entregó una calificación de 1, mientras que el experto 2 y el experto 3 indicaron que la relación era de nivel 4 y el experto 4 la evaluó con una relación de cercanía de nivel 3, de lo cual se puede inferir que el experto 1 tuvo una calificación desacertada puesto los otros coinciden en gran medida en su juicio.

Ilustración 16. Diagrama relacional de desviación estándar

AREAS	Recepcion de pollitas	Cria y levante	Producción	Clasificación	Empaque	Zona de vehiculos de distribución	Vestuarios	Almacen de alimentos	Almacen de implementos de	Zona de residuos	Oficina administrativa
Recepcion de pollitas		0.50	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	1.00
Cria y levante			0.58	0.50	0.50	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00
Producción				0.50	0.82	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00
Clasificación					0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00
Empaque						1.41	0.58	0.50	0.50	0.00	0.00
Zona de vehiculos de distribución							0.00	0.58	0.50	0.00	1.29
Vestuarios								0.82	0.50	0.00	0.50
Almacen de alimentos									0.00	0.00	0.58
Almacen de implementos de aseos										0.00	0.50
Zona de Residuos											0.00
Oficina administrativa											

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente se empleó Minitab Statistical Software para obtener los valores del coeficiente de concordancia que permiten tener mayor certeza de la confiabilidad de los resultados obtenidos, en la ilustración 16 se observan los resultados arrojados por el estudio en donde el porcentaje de coincidencias es de 49.09% al igual que en el análisis que realizo con la desviación estándar por respuesta, sin embargo lo relevante para de esta prueba es que el valor del coeficiente de concordancia de Kendall es de 0.864, por

lo cual se puede determinar que los resultados son confiables.

Ilustración 17. Resultados Análisis de Concordancia Minitab

Análisis de concordancia de atributos para Respuesta

Fecha del estudio: 10-Dic-2016
 Notificado por: Liseth Beltran
 Nombre del producto: Finca La Esperanza
 Misc: Granja avicola comercial de huevos

Entre evaluadores

Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de
55	27	49,09	(35,35.

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores c

Estadísticos Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
1	0,805804	0,0550482	14,6382	0,0000
2	0,450000	0,0550482	8,1747	0,0000
3	0,219858	0,0550482	3,9939	0,0000
4	0,412393	0,0550482	7,4915	0,0000
5	0,522481	0,0550482	9,4913	0,0000
6	0,795349	0,0550482	14,4482	0,0000
General	0,551104	0,0340528	16,1838	0,0000

Estadísticos Kappa de Cohen

Debe tener dos evaluadores y un ensayo individual por evaluador p

Coefficiente de concordancia de Kendall

Coef	Chi-cuad.	GL	P
0,864484	186,728	54	0,0000

Fuente: Elaboración propia a través de Minitab 17

Marco Jurídico Para El Funcionamiento De Una Granja Avícola Comercial.

La bioseguridad en la industria avícola nacional se considera como un “sistema que reduce los riesgos de introducir o difundir agentes infecciosos en los planteles avícolas. Un buen sistema de Bioseguridad debe buscar reducir al máximo la exposición a los agentes endémicos o exóticos, mantener las aves libres de patógenos específicos y brindar un ambiente sanitario adecuado en el cual las aves puedan desarrollar todo su potencial genético y zootécnico.” (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, 2016)

El riesgo de enfermedades se disminuye a través de la higiene, el orden, la disciplina y buen sistema de control de plagas, que además, disminuye la mortalidad de las aves, evitando pérdidas económicas al productor, por esta razón se creará el diseño de distribución de planta teniendo en cuenta la resolución del ICA 1183 del 2010, donde se establece las condiciones de bioseguridad que deben cumplir las granjas avícolas comerciales para una certificación, certificación que se buscara obtener con el tiempo.

Dentro de las medidas de bioseguridad que nos solicita dicha resolución se encuentran:

- Tener implementado los procedimientos operativos estandarizados.
- Mantener dentro de la granja aves de una sola especie.
- Contar con un cerco perimetral en buen estado que impida el libre tránsito de personas, vehículos y que minimice la entrada de animales a la granja.
- Disponer en forma permanente de un sistema que asegure la correcta desinfección de aquellos vehículos que ingresen a la granja.
- Señalizar cada área de la granja.
- Contar con mallas en los galpones que impidan el ingreso de aves silvestres.
- Disponer de una cámara de desinfección para los objetos personales que entren o salgan de la granja, la cual puede estar ubicada al ingreso de la misma o en la zona de transición entre el área limpia y sucia.
- Empacar y transportar los huevos en bandejas de material desechable nuevo o en bandejas plásticas lavadas y desinfectadas.

Otras reglamentaciones que se deben tener en cuenta para el funcionamiento de una granja avícola de producción y comercialización de huevos son:

- ICA 01937 del 22 de julio de 2003, por la cual se establecen las medidas sanitarias para la prevención y el control de la Enfermedad de Newcastleen el territorio nacional.
- ICA 02896 de octubre 10 de 2005, por la cual se dictan disposiciones sanitarias para la construcción de nuevas granjas avícolas en el territorio nacional.
- ICA Resolución 1515 del 21 de mayo de 2015, por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener el Registro Sanitario de Predio Avícola – RSPA.
- ICA Resolución 3651 del 13 de noviembre de 2014, por medio de la cual se establecen los requisitos para la certificación de granjas avícolas bioseguras de postura y/o levante y se dictan otras disposiciones.

- ICA Resolución 003283 del 22 de septiembre de 2008, Por la cual se establecen las medidas básicas de Bioseguridad que deben cumplir las granjas avícolas comerciales en el país.
- ICONTEC norma técnica colombiana NTC 1240 segunda actualización del 14 de diciembre de 2011, esta norma establece la clasificación y los requisitos de calidad que debe cumplir el huevo de gallina fresco para consumo humano.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Es necesario conocer el espacio requerido por cada área para que la producción se lleve a cabo de forma eficiente y adecuada, teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Espacio para la producción de huevo.
- Espacio para los insumos y materias primas.
- Espacio de tránsito y operación.
- Espacio para equipos y maquinaria.

Las áreas requeridas para el proceso productivo de la finca la Esperanza son:

Los requerimientos de espacio para cada área son muy variados y dependen directamente de los elementos que se necesitan en ella, al igual que de la interacción entre algunos de ellos y de la cantidad que se dispone o se dispondrá según la capacidad instalada o planeada, sin embargo, solo se han descrito las medidas de cada elemento, por lo cual se procede al hallar la superficie para cada uno y totalizar por cada área, tal como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Requerimientos de espacio.

Área	Elementos	Und	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área (m ²)	TOTAL AREA (m ²)
Recepción de pollitas	Parqueaderos y zona de limpieza	1	15.00	6.00	0.00	90.00	90.00
Cría y levante	Área para animales	1	10.00	3.33	2.00	33.30	62.53
	Bebederos	10	0.30	0.30	0.10	0.90	
	Comedores	1	25.00	0.10	0.10	2.50	
	Dormitorios	500	0.15	0.30	0.30	22.50	
	Pasillos o zona de tránsito y operación	1	3.33	1.00	0.00	3.33	
Producción	Área para animales	1	10.00	5.00	2.50	50.00	130.25
	Bebederos	25	0.50	0.50	0.10	6.25	
	Comedores	1	5.00	0.10	0.10	5.00	
	Dormitorios	500	0.35	0.30	0.40	52.50	
	Nidos	100	0.30	0.30	0.30	9.00	
	Pasillos o zona de tránsito y operación	1	7.50	1.00	0.00	7.50	
Clasificación	Clasificadora de huevos	1	1.50	0.80	1.00	1.20	7.20
	Pasillos o zona de tránsito y operación	1	3.00	2.00	0.00	6.00	
Empaque	Estantería metálica	5	0.40	0.90	1.80	1.80	11.80
	Pasillos o zona de tránsito y operación	1	5.00	2.00	1.80	10.00	
Zona de distribución	Camioneta o vehículo utilitario con zona de tránsito y operación	1	3.00	7.00	0.00	21.00	21.00
Vestuarios	Lockers, deposito ropa sucia	1	3.00	6.00	2.50	18.00	18.00
Almacén de alimentos	Estanterías para alimento	1	3.00	4.00	2.50	12.00	12.00
Almacén de implementos de aseos	Estantería	1	2.00	3.00	2.50	6.00	6.00
Zona de residuos	Estación de clasificación de residuos	1	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00
Oficina administrativa	Equipo computo, impresora multifuncional, escritorio, sillas, archivador.	1	3.00	6.00	2.50	18.00	18.00
						Total m ² requeridos	380.78

Fuente: elaboración propia

APLICACIÓN DEL METODO CORELAP

Para la aplicación del método de distribución de planta con el algoritmo CORELAP se utilizó el software CORELAP 0.1, en el cual se introdujeron los datos suministrados en la Tabla 6, con respecto al valor numérico de las factores de relación de actividades (A, E, I, O, U y X), la ilustración 15, en donde se encuentran el juicio de expertos unificado a través de agregados individuales y la tabla 3, para indicar los requerimientos de espacio de cada departamento. A continuación, se puede observar la secuencia de pasos para llegar a la distribución de planta de la granja avícola en la finca La Esperanza.

Paso 1. Se introduce la cantidad, nombre y tamaño de los departamentos o áreas del proceso e igualmente los valores para los factores de relación.

Ilustración 18. CORELAP Introducción de datos básicos.

¿Cuántos departamentos quiere implantar? CONTINUAR RETROCEDER

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Recepcion	
2	Cría y levante	
3	Producción	
4	Clasificación	
5	Empaque	
6	Distribución	
7	Vestuarios	
8	Alm. alimentos	
9	Alm. aseos	
10	Residuos	
11	Administración	

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	6
E =	5
I =	4
O =	3
U =	2
X =	1

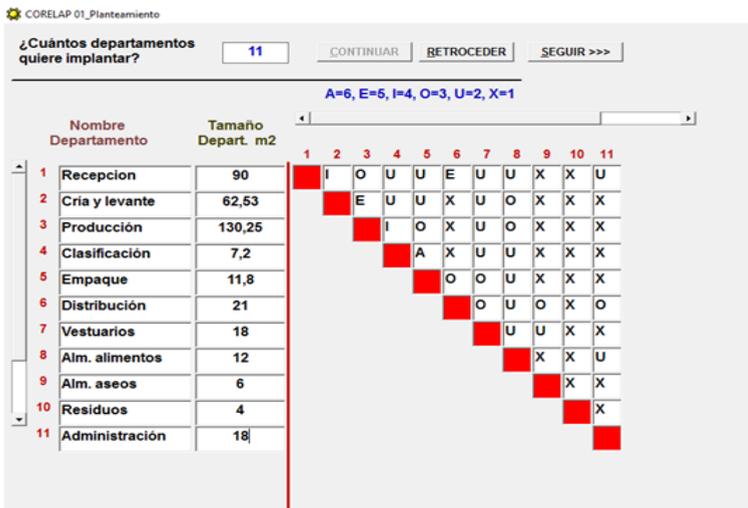
El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

CONTINUAR RETROCEDER

Fuente: CORELAP 0.1

Paso 2. Se introduce el factor de relación de cada par de departamentos según los datos obtenidos del juicio de expertos en la ilustración 15.

Ilustración 19. CORELAP introducción de factores de relación.



Fuente: CORELAP 0.1

Paso 3. El programa ordena los departamentos descendientemente según su importancia a través del cálculo del Total closeness rating (TCR) de cada uno.

Ilustración 20. CORELAP cálculo de TCRs.



Fuente: CORELAP 0.1

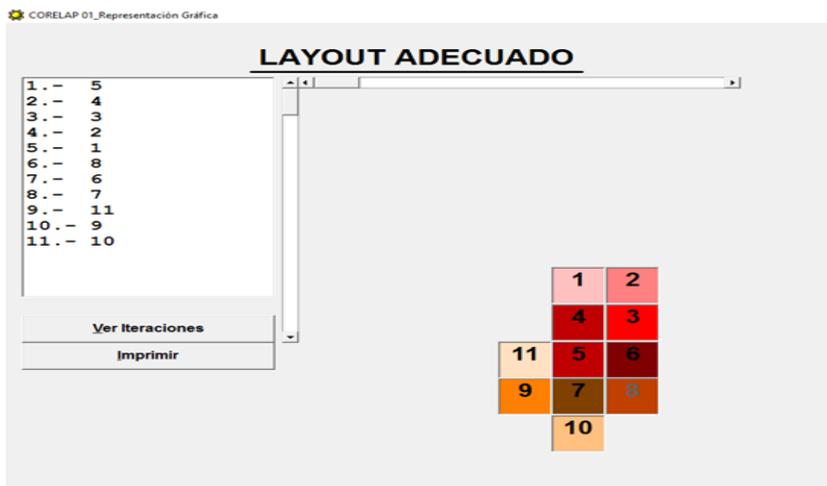
Paso 4. El programa genera el layout o distribución de departamentos en un plano de acuerdo a las relaciones entre todos los departamentos. Para identificar con claridad cada departamento a continuación se muestran los departamentos con su correspondiente código numérico, esta codificación también será utilizada para la representación gráfica de todas las distribuciones de planta presentadas.

Tabla 4. Códigos de departamentos.

Numero	Departamento
1	Recepción de pollitas
2	Cría y Levante
3	Producción
4	Clasificación
5	Empaque
6	Distribución
7	Vestuarios
8	Almacén de alimento concentrado
9	Almacén de productos de aseo y papelería
10	Zona de residuos
11	Administración

Fuente: elaboración propia

Ilustración 21. CORELAP resultado grafico



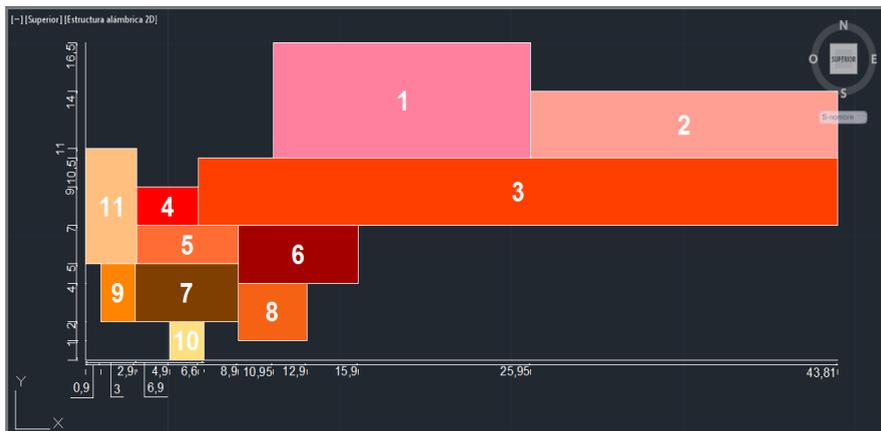
Fuente: CORELAP 0.1

- En la primera fila se encuentran de izquierda a derecha, primero el departamento de recepción de pollitas (1) y a continuación el de cría y levante (2).
- En la segunda fila se encuentran de izquierda a derecha, primero el departamento de clasificación (4) y a continuación el de producción (3).
- En la tercera fila se encuentran de izquierda a derecha, primero el departamento de administración (11), a continuación, el de Empaque (5) y al final el área de distribución o despachos (6).
- En la cuarta fila se encuentran de izquierda a derecha, primero el almacén de productos de aseo (9), a continuación, el vestuario (7) y al final el almacén de alimentos para los animales (8).
- Al final se encuentra el área de residuos (10).

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA #1 SEGÚN RESULTADOS DE CORELAP 0.1

Con base en la distribución obtenida a través de la aplicación CORELAP 0.1 se elaboró la distribución de planta teniendo en cuenta los requerimientos de espacio en la tabla 3. Para posteriormente realizar los cálculos necesarios para evaluar la distribución obtenida con la función minimizar $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V(CR_{ij})X_{ij}$ donde $V(CR_{ij})$ es el valor de la relación de cercanía entre i y j y X_{ij} es la distancia entre i y j . La siguiente distribución arroja los departamentos 1 y 2 muy a la derecha debido al tamaño de sus áreas.

Ilustración 22. Distribución de planta Alternativa #1



Fuente: elaboración propia a través del software AutoCAD 2012.

Seguidamente se realizó el cálculo de las coordenadas de los centroides de cada departamento en el layout para luego obtener la matriz de distancias entre departamentos.

Tabla 5. Coordenadas X y Y Distribución #1

Departamento	Ancho (m)			Alto (m)		
	Inicio	Fin	X	Inicio	Fin	Y
1	10.95	25.95	18.45	10.50	16.50	13.50
2	25.95	43.81	34.88	10.50	14.00	12.25
3	6.60	43.81	25.21	7.00	10.50	8.75
4	3.00	6.60	4.80	7.00	9.00	8.00
5	3.00	8.90	5.95	5.00	7.00	6.00
6	8.90	15.90	12.40	4.00	7.00	5.50
7	2.90	8.90	5.90	2.00	5.00	3.50
8	8.90	12.90	10.90	1.00	4.00	2.50
9	0.90	2.90	1.90	2.00	5.00	3.50
10	4.90	6.90	5.90	0.00	2.00	1.00
11	0.00	3.00	1.50	5.00	11.00	8.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Matriz de distancias Distribución #1

Matriz De Distancias (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	17.68	11.51	19.15	20.00	14.05	22.55	18.55	26.55	25.05	22.45
2	17.68	0.00	13.18	34.33	35.18	29.23	37.73	33.73	41.73	40.23	37.63
3	11.51	13.18	0.00	21.16	22.01	16.06	24.56	20.56	28.56	27.06	24.46
4	19.15	34.33	21.16	0.00	3.15	10.10	5.60	11.60	7.40	8.10	3.30
5	20.00	35.18	22.01	3.15	0.00	6.95	2.55	8.45	6.55	5.05	6.45
6	14.05	29.23	16.06	10.10	6.95	0.00	8.50	4.50	12.50	11.00	13.40
7	22.55	37.73	24.56	5.60	2.55	8.50	0.00	6.00	4.00	2.50	8.90
8	18.55	33.73	20.56	11.60	8.45	4.50	6.00	0.00	10.00	6.50	14.90
9	26.55	41.73	28.56	7.40	6.55	12.50	4.00	10.00	0.00	6.50	4.90
10	25.05	40.23	27.06	8.10	5.05	11.00	2.50	6.50	6.50	0.00	11.40
11	22.45	22.45	24.46	3.30	6.45	13.40	8.90	14.90	4.90	11.40	0.00
									Sumatoria		1776.10

Fuente: elaboración propia

Con base en los resultados del juicio de expertos mostrados en la ilustración 14, se elaboró la matriz de relación de cercanías para poder obtener la función objetivo.

Tabla 7. Matriz de relación de cercanías

Matriz De Relación De Cercanias (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	4.00	3.00	2.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00
2	4.00	0.00	5.00	2.00	2.00	1.00	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00
3	3.00	5.00	0.00	4.00	3.00	1.00	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00
4	2.00	2.00	4.00	0.00	6.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
5	2.00	2.00	3.00	6.00	0.00	3.00	3.00	2.00	1.00	1.00	1.00
6	5.00	1.00	1.00	1.00	3.00	0.00	3.00	2.00	3.00	1.00	3.00
7	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	0.00	2.00	2.00	1.00	1.00
8	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1.00	1.00	2.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00	1.00	0.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
11	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	2.00	1.00	1.00	0.00

Fuente: elaboración propia

Finalmente se multiplico la matriz de distancias entre departamentos (tabla 6) y la matriz de relaciones de cercanía (Tabla 7)) para obtener la matriz de distancia por relación de cercanías requerida para el cálculo de la función objetivo propuesta.

Tabla 8. Matriz de distancias * relación de cercanías distribución #1

Matriz De Distancias * Relación De Cercanias (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	70.72	34.52	38.30	40.00	70.25	45.10	37.10	26.55	25.05	44.90
2	70.72	0.00	65.88	68.66	70.36	29.23	75.46	101.19	41.73	40.23	37.63
3	34.52	65.88	0.00	84.62	66.02	16.06	49.11	61.67	28.56	27.06	24.46
4	38.30	68.66	84.62	0.00	18.90	10.10	11.20	23.20	7.40	8.10	3.30
5	40.00	70.36	66.02	18.90	0.00	20.85	7.65	16.90	6.55	5.05	6.45
6	70.25	29.23	16.06	10.10	20.85	0.00	25.50	9.00	37.50	11.00	40.20
7	45.10	75.46	49.11	11.20	7.65	25.50	0.00	12.00	8.00	2.50	8.90
8	37.10	101.19	61.67	23.20	16.90	9.00	12.00	0.00	10.00	6.50	29.80

9	26.55	41.73	28.56	7.40	6.55	37.50	8.00	10.00	0.00	6.50	4.90
10	25.05	40.23	27.06	8.10	5.05	11.00	2.50	6.50	6.50	0.00	11.40
11	44.90	44.90	24.46	3.30	6.45	40.20	8.90	29.80	4.90	11.40	0.00
									Suma Funcion Objetivo		3386.73

Fuente: elaboración propia

Función de distancia mínima de recorridos #1. Se evalúa la función de distancias recorridas mínimas, con el fin de establecer la mejor opción de distribución de planta. Para obtener las distancias recorridas mínimas se realizó mediante un cursograma analítico (Anexo C) la cantidad de recorridos a realizar durante un día en la producción por un operario, obteniendo la matriz de recorridos (Tabla 9. Matriz de recorridos)

Tabla 9. Matriz de recorridos

MATRIZ DE RECORRIDOS												
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	1.00	
4	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
8	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
										SUMATORIA		26.00

Fuente: elaboración propia

Con base en la Tabla 6, se multiplica cada recorrido por las distancias correspondiente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10. Matriz de distancia x recorridos #1

Matriz De Distancias X Recorridos (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.55	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.46	41.73	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.22	0.00	0.00	24.46
4	0.00	0.00	42.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	6.30	0.00	0.00	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	22.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.90
8	0.00	67.46	41.11	0.00	0.00	4.50	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	22.45	24.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria										497.95	

Fuente: elaboración propia

Para la primera alternativa se recorre una distancia total de 497.95m por un operario en un día de un área a otra.

Función de costos alternativa #1. Se evalúa de igual forma la función de costo, y así poder obtener la mejor distribución de planta basada en el costo de la mano de obra de un operario el cual tendrá un pago correspondiente al S.M.L.V Salario Mínimo Legal Vigente \$737.717, más el auxilio de transporte \$83.140, la dotación evaluada anualmente en \$300.000, por lo que mensual correspondería a \$25.000, más la seguridad social que se deberá pagar por él \$184.592, detallándose en la tabla 11y la velocidad promedio de una persona por minuto (Ilustración 23)

Tabla 11. Costo de mano de obra por operario

Costo De Mano De Obra Mensual	
Sueldo	\$ 737,717
Aux. de transporte	\$ 83,140
Seguridad social	\$ 184,592
Dotación	\$ 25,000
Costo mes	\$ 1,030,449
Costo día	\$ 34,348
Costo hora	\$ 4,294
Costo minuto	\$ 72

Fuente: elaboración propia

Ilustración 23. Velocidad promedio de una persona

Edad y sexo	Velocidad (km/h)
Hombres menores de 55 años	5,94
Hombres mayores de 55 años	5,47
Mujeres menores de 55 años	4,93
Mujeres mayores de 55 años	4,72
Mujeres con niños pequeños	2,52
Niños de 5 a 10 años	4,07
Adolescentes	6,48

Tabla 6.1. Velocidades diferenciadas según edad y sexo (TRRL, 1978) [14]

Fuente: (Martin Bermejo, 2007)

La ilustración 23, indica que un hombre menor de 55 años puede recorrer, andando normalmente 5.94km en 1 hora, lo que llevado a minutos sería:

Velocidad media = distancia recorrida / tiempo empleado

Velocidad media= 5.940m/60min = 99m/min

Por lo tanto, un hombre menor de 55 años recorre aproximadamente 99 metros en 1 minuto, de esta forma se multiplican los resultados de la matriz de distancias (Tabla 6) por la matriz de recorridos (Tabla 9)) por el costo equivalente a un minuto, el cual se determinó que es de \$72.

Tabla 12. Matriz de distancia x recorridos x costos #1

Matriz De Distancias X Recorridos X Costo (\$)											
Departamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	49	30	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	18
4	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0
6	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
8	0	49	30	0	0	3	4	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	16	18	0	0	0	0	0	0	0	0
										Sumatoria	362

Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Coordenadas X y Y Distribución #2

Departamento	Ancho (m)			Alto (m)		
	Inicio	Fin	X	Inicio	Fin	Y
1	3.00	18.00	10.50	10.50	16.50	13.50
2	18.00	35.87	26.94	10.50	14.00	12.25
3	6.60	43.81	25.21	7.00	10.50	8.75
4	3.00	6.60	4.80	7.00	9.00	8.00
5	3.00	8.90	5.95	5.00	7.00	6.00
6	8.90	15.90	12.40	4.00	7.00	5.50
7	2.90	8.90	5.90	2.00	5.00	3.50
8	8.90	12.90	10.90	1.00	4.00	2.50
9	0.90	2.90	1.90	2.00	5.00	3.50
10	4.90	6.90	5.90	0.00	2.00	1.00
11	0.00	3.00	1.50	5.00	11.00	8.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Matriz de distancias Distribución #2

Matriz De Distancias (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	17.69	19.46	11.20	12.05	9.90	14.60	11.40	18.60	17.10	14.50
2	17.69	0.00	5.23	26.39	27.24	21.29	29.79	25.79	33.79	32.29	29.69
3	19.46	5.23	0.00	21.16	22.01	16.06	24.56	20.56	28.56	27.06	24.46
4	11.20	26.39	21.16	0.00	3.15	10.10	5.60	11.60	7.40	8.10	3.30
5	12.05	27.24	22.01	3.15	0.00	6.95	2.55	8.45	6.55	5.05	6.45
6	9.90	21.29	16.06	10.10	6.95	0.00	8.50	4.50	12.50	11.00	13.40
7	14.60	29.79	24.56	5.60	2.55	8.50	0.00	6.00	4.00	2.50	8.90
8	11.40	25.79	20.56	11.60	8.45	4.50	6.00	0.00	10.00	6.50	14.90
9	18.60	33.79	28.56	7.40	6.55	12.50	4.00	10.00	0.00	6.50	4.90
10	17.10	32.29	27.06	8.10	5.05	11.00	2.50	6.50	6.50	0.00	11.40
11	14.50	14.50	24.46	3.30	6.45	13.40	8.90	14.90	4.90	11.40	0.00
									Sumatoria		1531.00

Fuente: elaboración propia

7	14.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.90
8	0.00	51.57	41.11	0.00	0.00	4.50	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	14.50	24.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria										434.38	

Fuente: elaboración propia

Para la segunda alternativa se recorre una distancia total de 434.38m por un operario en un día de un área a otra.

Función de costos alternativa #2. Se evalúa la función de costo bajo las mismas condiciones de la alternativa #1, teniendo como resultado la Tabla 17.

Tabla 17. Matriz de distancia x recorridos x costos #2

Matriz De Distancias X Recorridos X Costo											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	38	25	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	18
4	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0
6	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
7	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
8	0	38	30	0	0	3	4	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumatoria										316	

Fuente: elaboración propia

Teniendo como resultado un costo de \$316 en recorrido diario por un operario.

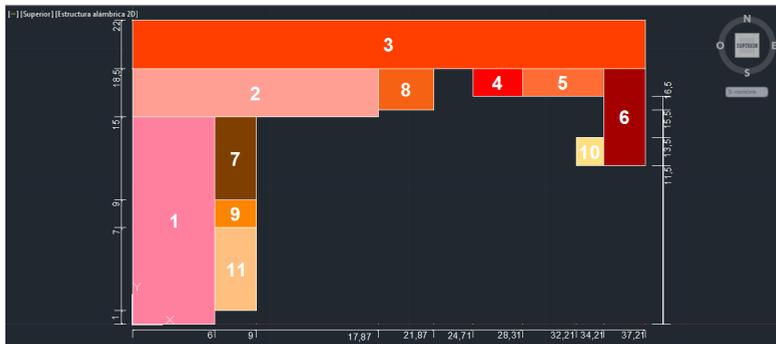
OTRAS ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCION DE PLANTA

Teniendo en cuenta el orden de los departamentos que brinda CORELAP se puede llegar a obtener varias distribuciones de planta, también con la modificación de la posición de cada departamento, para la creación de las alternativas 3 y 4, se tienen en cuenta la distribución en U la cual busca ordenar los procesos de tal forma que los similares se encuentren más cerca el uno del otro. Y también se tiene en cuenta la alternativa brindada por un experto.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ALTERNATIVA#3

Con base en una distribución en U se elaboró la distribución de planta teniendo en cuenta los requerimientos de espacio en la Tabla 3. Para posteriormente realizar los cálculos necesarios para evaluar la distribución obtenida con la función minimizar la ecuación $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V(CR_{ij})X_{ij}$. La distribución en U permite ordenar los procesos para que aquellos que sean similares estén más cerca, en este caso el producto es uno solo y los materiales son muy similares lo que permite flujos directos entre cada departamento.

Ilustración 25. Distribución de planta Alternativa #3



Fuente: elaboración propia a través del software AutoCAD 2012.

Seguidamente se realizó el cálculo de las coordenadas de los centroides de cada departamento en el layout para luego obtener la matriz de distancias entre departamentos.

Tabla 18. Coordenadas X y Y Distribución #3

Departamento	Ancho (m)			Alto (m)		
	Inicio	Fin	X	Inicio	Fin	Y
1	0.00	6.00	3.00	0.00	15.00	7.50
2	0.00	17.87	8.94	15.00	18.50	16.75
3	0.00	37.21	18.61	18.50	22.00	20.25
4	24.71	28.31	26.51	16.50	18.50	17.50
5	28.31	34.21	31.26	16.50	18.50	17.50
6	34.21	37.21	35.71	11.50	18.50	15.00
7	6.00	9.00	7.50	9.00	15.00	12.00
8	17.87	21.87	19.87	15.50	18.80	17.15
9	6.00	9.00	7.50	7.00	9.00	8.00
10	32.21	34.21	33.21	11.50	13.50	12.50
11	6.00	9.00	7.50	1.00	7.00	4.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Matriz de distancias Distribución #3

Matriz De Distancias (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	15.19	28.36	33.51	38.26	40.21	9.00	26.52	5.00	35.21	8.00
2	15.19	0.00	13.17	18.33	23.08	28.53	6.19	11.34	10.19	28.53	14.19
3	28.36	13.17	0.00	10.66	15.41	22.36	19.36	4.37	23.36	22.36	27.36
4	33.51	18.33	10.66	0.00	4.75	11.70	24.51	6.99	28.51	11.70	32.51
5	38.26	23.08	15.41	4.75	0.00	6.95	29.26	11.74	33.26	6.95	37.26
6	40.21	28.53	22.36	11.70	6.95	0.00	31.21	17.99	35.21	5.00	39.21
7	9.00	6.19	19.36	24.51	29.26	31.21	0.00	17.52	4.00	26.21	8.00
8	26.52	11.34	4.37	6.99	11.74	17.99	17.52	0.00	21.52	17.99	25.52
9	5.00	10.19	23.36	28.51	33.26	35.21	4.00	21.52	0.00	30.21	4.00
10	35.21	28.53	22.36	11.70	6.95	5.00	26.21	17.99	30.21	0.00	34.21
11	8.00	8.00	27.36	32.51	37.26	39.21	8.00	25.52	4.00	34.21	0.00
Sumatoria										2197.52	

Fuente: elaboración propia

Finalmente se multiplicó la matriz de distancias entre departamentos (Tabla 16) y la matriz de relaciones de cercanía (Tabla 11) para obtener la matriz de distancia por relación de cercanías requerida para el cálculo de la función objetivo propuesta.

Tabla 20. Matriz de distancias * relación de cercanías distribución #3

Matriz De Distancia * Relación De Cercanías (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	60.74	85.07	67.02	76.52	201.05	18.00	53.04	5.00	35.21	16.00
2	60.74	0.00	65.85	36.65	46.15	28.53	12.37	34.01	10.19	28.53	14.19
3	85.07	65.85	0.00	42.62	46.22	22.36	38.71	13.10	23.36	22.36	27.36
4	67.02	36.65	42.62	0.00	28.50	11.70	49.02	13.98	28.51	11.70	32.51
5	76.52	46.15	46.22	28.50	0.00	20.85	87.78	23.48	33.26	6.95	37.26
6	201.05	28.53	22.36	11.70	20.85	0.00	93.63	35.98	105.63	5.00	117.63
7	18.00	12.37	38.71	49.02	87.78	93.63	0.00	35.04	8.00	26.21	8.00
8	53.04	34.01	13.10	13.98	23.48	35.98	35.04	0.00	21.52	17.99	51.04
9	5.00	10.19	23.36	28.51	33.26	105.63	8.00	21.52	0.00	30.21	4.00
10	35.21	28.53	22.36	11.70	6.95	5.00	26.21	17.99	30.21	0.00	34.21
11	16.00	16.00	27.36	32.51	37.26	117.63	8.00	51.04	4.00	34.21	0.00
Suma Funcion Objetivo										4221.30	

Fuente: elaboración propia

Función de distancia mínima de recorridos #3. Se evalúa la función de distancias recorridas mínimas, con el fin de establecer la mejor opción de distribución de planta. Para obtener las distancias recorridas mínimas se realizó mediante un cursograma analítico la cantidad de recorridos a realizar durante un día en la producción por un operario, obteniendo la matriz de recorridos (Tabla 13. Matriz de recorridos)

Con base en la Tabla 21, se multiplica cada recorrido por las distancias correspondiente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 21. Matriz de distancias x recorridos #3

Matriz De Distancias X Recorridos											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.67	10.19	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	0.00	27.36
4	0.00	0.00	21.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	29.26	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
8	0.00	22.67	8.73	0.00	0.00	17.99	17.52	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	8.00	27.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria										276.96	

Fuente: elaboración propia

Para la tercera alternativa se recorre una distancia total de 276.96m por un operario en un día de un área a otra. Función de costos alternativa #3. Se evalúa la función de costo bajo las mismas condiciones de la alternativa #1 y #2, teniendo como resultado Tabla 22.

Tabla 22. Matriz de distancia x recorridos x costos #3

Matriz De Distancias X Recorridos X Costo (\$)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	16	7	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	20
4	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	7	0	0	21	0	0	0	0
6	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
8	0	16	6	0	0	13	13	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	6	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumatoria										\$201	

Fuente: elaboración propia

Teniendo como resultado un costo de \$201 en recorrido diario por un operario.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA #4

Con base en una distribución sugerida por un participante del juicio de expertos, quien indicó de acuerdo a su conocimiento y experiencia cual podría ser la distribución adecuada para iniciar con la producción avícola, además se elaboró la distribución de planta teniendo en cuenta los requerimientos de espacio en la tabla 6. Para posteriormente realizar los cálculos necesarios para evaluar la distribución obtenida con la función minimizar.

Ilustración 26. Distribución de planta Alternativa #4



Fuente: elaboración propia a través del software AutoCAD 2012.

Seguidamente se realizó el cálculo de las coordenadas de los centroides de cada departamento en el layout para luego obtener la matriz de distancias entre departamentos.

Tabla 23. Coordenadas X y Y Distribución #4

Departamento	Ancho (m)			Alto (m)		
	Inicio	Fin	X	Inicio	Fin	Y
1	18.37	33.37	25.87	7.00	13.00	10.00
2	15.50	33.37	24.44	3.50	7.00	5.25
3	0.15	37.37	18.76	0.00	3.50	1.75
4	3.00	6.60	4.80	3.50	5.50	4.50
5	6.60	12.50	9.55	3.50	5.50	4.50
6	12.50	15.50	14.00	3.50	10.50	7.00

7	0.00	3.00	1.50	3.50	9.50	6.50
8	33.37	37.37	35.37	3.50	6.50	5.00
9	3.00	6.00	4.50	7.50	9.50	8.50
10	6.00	8.00	7.00	7.50	9.50	8.50
11	33.37	36.37	34.87	3.50	6.50	5.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. Matriz de distancias Distribución #4

Matriz De Distancias(M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	6.19	15.36	26.57	21.82	14.87	27.87	14.50	22.87	20.37	14.00
2	6.19	0.00	9.18	20.39	15.64	12.19	24.19	11.19	23.19	20.69	10.69
3	15.36	9.18	0.00	16.71	11.96	10.01	22.01	19.86	21.01	18.51	19.36
4	26.57	20.39	16.71	0.00	4.75	11.70	5.30	31.07	4.30	6.20	30.57
5	21.82	15.64	11.96	4.75	0.00	6.95	10.05	26.32	9.05	6.55	25.82
6	14.87	12.19	10.01	11.70	6.95	0.00	13.00	23.37	11.00	8.50	22.87
7	27.87	24.19	22.01	5.30	10.05	13.00	0.00	35.37	5.00	7.50	34.87
8	14.50	11.19	19.86	31.07	26.32	23.37	35.37	0.00	34.37	31.87	0.50
9	22.87	23.19	21.01	4.30	9.05	11.00	5.00	34.37	0.00	2.50	33.87
10	20.37	20.69	18.51	6.20	6.55	8.50	7.50	31.87	2.50	0.00	31.37
11	14.00	14.00	19.36	30.57	25.82	22.87	34.87	0.50	33.87	31.37	0.00
Sumatoria										1894.80	

Fuente: elaboración propia

Finalmente se multiplicó la matriz de distancias entre departamentos (Tabla 28) y la matriz de relaciones de cercanía (Tabla 11) para obtener la matriz de distancia por relación de cercanías requerida para el cálculo de la función objetivo propuesta.

Tabla 25. Matriz de distancias * relación de cercanías distribución #4

Matriz De Distancias * Relación De Cercanías(M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	24.74	46.08	53.14	43.64	74.35	55.74	29.00	22.87	20.37	28.00
2	24.74	0.00	45.88	40.77	31.27	12.19	48.37	33.56	23.19	20.69	10.69
3	46.08	45.88	0.00	66.84	35.88	10.01	44.02	59.58	21.01	18.51	19.36
4	53.14	40.77	66.84	0.00	28.50	11.70	10.60	62.14	4.30	6.20	30.57
5	43.64	31.27	35.88	28.50	0.00	20.85	30.15	52.64	9.05	6.55	25.82
6	74.35	12.19	10.01	11.70	20.85	0.00	39.00	46.74	33.00	8.50	68.61
7	55.74	48.37	44.02	10.60	30.15	39.00	0.00	70.74	10.00	7.50	34.87
8	29.00	33.56	59.58	62.14	52.64	46.74	70.74	0.00	34.37	31.87	1.00
9	22.87	23.19	21.01	4.30	9.05	33.00	10.00	34.37	0.00	2.50	33.87
10	20.37	20.69	18.51	6.20	6.55	8.50	7.50	31.87	2.50	0.00	31.37
11	28.00	28.00	19.36	30.57	25.82	68.61	34.87	1.00	33.87	31.37	0.00
Suma Función Objetivo										3402.78	

Fuente: elaboración propia

Función de distancia mínima de recorridos #4. Se evalúa la función de distancias recorridas mínimas, con el fin de establecer la mejor opción de distribución de planta. Para obtener las distancias recorridas mínimas se realizó mediante un cursograma analítico (Anexo C) la cantidad de recorridos a realizar durante un día en la producción por un operario, obteniendo la matriz de recorridos (Tabla 13. Matriz de recorridos)

Con base en la Tabla 16, se multiplica cada recorrido por las distancias correspondiente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 26. Matriz de distancias x recorridos #4

Matriz De Distancias X Recorridos (M)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.87	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.37	23.19	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.44	0.00	0.00	19.36
4	0.00	0.00	33.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00

6	0.00	0.00	0.00	0.00	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	27.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.87
8	0.00	22.37	39.72	0.00	0.00	23.37	35.37	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	14.00	19.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria										454.08	

Fuente: elaboración propia

Para la cuarta alternativa se recorre una distancia total de 454.08m por un operario en un día de un área a otra.

Función de costos alternativa #4. Se evalúa la función de costo bajo las mismas condiciones de las alternativas anteriores, teniendo como resultado Tabla 27.

Tabla 27. Matriz de distancia x recorridos x costos #4

Matriz De Distancias X Recorridos X Costo (\$)											
Dep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	16	17	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	14
4	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0
6	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
7	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
8	0	16	29	0	0	17	26	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	10	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumatoria										\$330	

Fuente: elaboración propia

Teniendo como resultado un costo de \$330 en recorrido diario por un operario.

Selección De Alternativa De Distribución Propuesta

Para la selección de la distribución de planta, se obtienen dentro de las alternativas propuestas, la evaluación de la función de distancias recorridas mínimas y la función de costos, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 28. Resultado de alternativas distribución de planta

Alternativas	Distancia mínima recorrida (m)	Costos (\$)
1	497,95	\$ 362
2	434,38	\$ 316
3	276,96	\$ 201
4	454,08	\$ 330

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, se selecciona la alternativa número 3, debido que ofrece la menor distancia a recorrer dentro de la planta gracias a su distribución, y a la vez, el menor costo de producción partiendo del costo de la mano de obra.

CONCLUSIONES

La eficiencia de una distribución de planta se puede determinar bajo diferentes criterios como, distancia mínima recorrida, relación de cercanías, costos, entre otras, los cuales fueron usados en el desarrollo de este trabajo para obtener la mejor opción de diseño para la planta avícola.

A través del juicio de experto realizado se conoció la opinión de personas dedicadas a la industria avícola donde indicaron la relación de cercanía que ellos consideraban se debía tener para crear la planta de producción avícola, para saber el nivel de concordancia y poder tener mayor certeza de la confiabilidad de los resultados obtenidos se calculó la desviación estándar de los datos, dando como resultado un porcentaje de coincidencia de 49.09%, mientras que con la aplicación del coeficiente de concordancia de Kendall fue de 0.864, por lo que se indicó que los datos si son confiables.

Con el desarrollo de la metodología Computerized Relationship Layout se identificaron las necesidades y/o requisitos de espacios para movimiento de material, movimiento

y estancia de los animales, almacenamiento de materiales e insumos, movimientos de personal, ubicación de equipos, administración y servicios los siguientes resultados, para el área de recepción de pollitas 90.00m², cría y levante 62.53m², producción 130.25m², clasificación 7.20m², empaque 1.80m², zona de distribución 21.00m², vestuarios 18.00m², almacén de alimentos 12.00m², almacén de implementos de aseo 6.00m², zona de residuos 4.00m², oficina administrativa 18.00m², para un total de 380.78m². Con los resultados obtenidos se procedió a realizar diferentes alternativas de distribución con la ejecución del software CORELAP y la evaluación obtenida en el juicio de experto, logrando la identificación de cuatro diferentes alternativas de distribución de planta.

Con las cuatro alternativas de distribución de planta se evaluaron los criterios de las funciones de mínimo costo y distancia recorridas mínimas, dando como resultado para la primera alternativa una distancia mínima recorrida de 497.95m por operario en un día de trabajo, con un costo de \$362 pesos diarios.

Mientras que para la opción número 2 la distancia mínima recorrida fue de 434.38m por operario en un día de trabajo, con un costo de \$316 pesos diarios. Ambas alternativas anteriores fueron desarrolladas mediante el resultado obtenido a través de CORELAP, pero teniendo en cuenta como otras alternativas de distribución se empleó la distribución en U, esto debido a que esta permite ordenar los procesos de tal forma que los similares se encuentren más cerca el uno del otro, dando como resultado una distancia mínima recorrida de 276.96m por operario en un día de trabajo, con un costo de \$201 pesos diarios. Y por último, se tuvo en cuenta la propuesta de uno de los expertos para una distribución de planta, dando como resultado una distancia mínima recorrida de 454.08m, con un costo de \$330 pesos diarios.

De este modo, se llegó a la conclusión que la mejor opción para la infraestructura es la alternativa número tres, permitiendo minimizar las distancias y costos asociados a desplazamientos de materiales, insumos y mano de obra directa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baca, U. (2001). Evaluación de Proyectos. México: Mc Graw Hill Interamericana México.
- Chase, R., Aquilano, N., & Jacobs, F. (2000). Administración de producción y operaciones: manufactura y servicio. Colombia: McGraw Colombia Hill.
- Chiang, W., & Chiang, C. (1998). " Intelligent Local Search Strategies for Solving Facility Layout Problems with the Quadratic Assignment Problem Formulation". (106), 457-480. European Journal of Operational Research.

- Coronado H., J. R. (2007). Métodos para distribución en planta. 26. Bogotá, Colombia: Departamento Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
- Corral, Y. (09 de febrero de 2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Carabobo, Venezuela: Facultad de Ciencias Económicas Y Sociales Universidad de Carabobo Valencia.
- de Arquer, M. (1995). Fiabilidad Humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.
- Escobar Pérez, J., & Cuervo Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. 6, 27–36. Colombia: Avances en Medición.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia, (. (6 de febrero de 2016). Obtenido de [://www.fenavi.org/](http://www.fenavi.org/)
- Fels-Klerx, V. D., I. Gossens, L. S., & H & Horst, S. (2002). Elicitation of quantitative data from a heterogeneous Expert Panel: Formal process and application in animal health. 22, 1, 67-81. Risk Analysis.
- Fernández Márquez, B. (2004). Desarrollo de una herramienta informática basada en el algoritmo CORELAP para la optimización de distribuciones en planta. Universidad de Sevilla.
- Galindo Álvarez, A. M. (2009). Desarrollo de un método de distribución física aplicable en las Industrias Ecuatorianas. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Politécnica Superior Litoral.
- Industrial, I. (22 de marzo de 2007). *Ingeniería Industrial on line*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B3n-en-planta/>
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, I. (6 de febrero de 2016). Las buenas prácticas de bioseguridad en granjas de reproducción aviar y plantas de incubación. Colombia: Ed. Imprenta nacional de Colombia.
- Jajodia, S., Minis, I., Harhalakis, G., & Proth, J.-M. (1992). "CLASS: Computerized Layout Solutions Using Simulated Annealing". 95- 10. International Journal of Production Research.
- López, M. (2002). Diseño de plantas de procesado de alimentos. Leida: Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria.
- Martin Bermejo, D. (2007). Comparación de tiempos de trayectos metro, a pie, bici en la zona urbana de Barcelona.
- Mejía, H., Wilches, M. J., Galofre, M., & Montenegro, Y. (diciembre de 2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. (49). Pereira, Colombia: Scientia et Technica Año XVI.

Minitab. (5 de febrero de 2017). Obtenido de [//www.minitab.com/es-mx/products/minitab/look-inside/](http://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/look-inside/)

Muther, R. (1981). *Distribución en Planta* (4 ed.).

Pérez Gosende, P. (2016). Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales, mediante un índice de desempeño. 533-546. RAE (Revista Administración de Empresas).

Ricaurte Galindo, S. L. (febrero de 2005). Bioseguridad en granjas avícolas. VI (02). España: Revista Electronica de Veterinaria REDVET.

Sule, D. (1994). *Manufacturing Facilities Location, Planning and Design*. 2. Boston: PWS Publishing Company.