



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA DE POSGRADO

**PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA
CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE
LA CONSTRUCCIÓN**

**Implementación de la metodología Systematic Layout Planning
(SLP) para realizar una propuesta de distribución de planta.
La Libertad – 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE
EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN**

AUTOR:

Guerrero Silva, Erick Javier (ORCID: 0000-0003-0313-8251)

ASESOR:

Mg. Rodríguez Beltrán, Eduar José (ORCID: 0000-0002-9289-9732)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Dirección de Empresas de la Construcción

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, por brindarme salud, fe y la fortaleza necesaria para poder culminar con éxito esta maestría. A mis padres por su abnegado apoyo y ejemplo de superación para luchar y ser mejor cada día.

Erick Guerrero

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad César Vallejo, que a través de sus docentes transmitieron sus conocimientos, orientaciones y experiencias con sentido de responsabilidad y rigor académico para ser un profesional descartado y de bien para la sociedad.

El Autor

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipos y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimiento	16
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	72

Índice de tablas

Tabla 1 Longitudes y áreas de cada ambiente de la empresa	20
Tabla 2 Longitudes y áreas de los diferentes ambientes que conforman la habilitación de acero de la empresa	20
Tabla 3 Porcentaje de flexibilidad y área mínima requerida	24
Tabla 4 Indicadores de nivel de contaminación del proceso.....	42
Tabla 5 Indicadores de nivel de aprovechamiento de área	43
Tabla 6 Indicadores de nivel de aprovechamiento de área	43
Tabla 7 Indicadores de nivel de relación entre actividades.....	44
Tabla 8 Indicadores de nivel de seguridad de los colaboradores	44
Tabla 9 Matriz de prioridades entre criterios.....	46
Tabla 10 Prioridades entre criterios con valores decimales (Matriz simplificada) .	46
Tabla 11 Cuadrado de matriz de prioridades entre criterios	47
Tabla 12 Índice aleatorio por tamaño de matriz	49
Tabla 13 Comparación de alternativas con el método AHP	55
Tabla 14 Ranking de las alternativas de layout.....	56
Tabla 15 Cuadro comparativo de situación actual y la propuesta SLP 1	57

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Distribución de planta del primer piso de la nueva instalación según entrevista con el gerente de la empresa	18
Figura 2. Distribución de planta del segundo piso de la nueva instalación según entrevista con el gerente de la empresa	19
Figura 3. Layout actual de la empresa constructora	21
Figura 4. Diagrama de recorrido para la habilitación de acero.....	22
Figura 5. Nuevo diseño de distribución de planta para la empresa, primer piso...	24
Figura 6. Nuevo diseño de planta de distribución de la empresa, Segundo piso .	25
Figura 7. Diagrama de relación de actividades.....	26
Figura 8. Propuesta número uno de distribución de planta mediante metodología SLP.....	27
Figura 9. Propuesta número dos de distribución de planta mediante metodología SLP.....	27
Figura 10. Ventana de inicio de software computacional COREALP 01	28
Figura 11. Ventana “Planeamiento” del software computacional COREALP 01, Propuesta 01	29
Figura 12. Ventana “Planeamiento” del software computacional COREALP 01, con relación de actividades.....	30
Figura 13. Ventana “Presentación de resultados” del software computacional COREALP 01, propuesta 01	31
Figura 14. Ventana “Representación gráfica” del software computacional COREALP 01, propuesta 01	32
Figura 15. Ventana “Planeamiento” del software computacional COREALP 01, Propuesta 02.....	33
Figura 16. Ventana “Planeamiento” del software computacional COREALP 01, con relación de actividades, propuesta 02	34

Figura 17. Ventana “Presentación de resultados” del software computacional COREALP 01, propuesta 02	35
Figura 18. Ventana Representación gráfica del software computacional COREALP 01, propuesta 02	36
Figura 19. Orden de las secciones por medio de algoritmo ALDEP, Primera propuesta.....	37
Figura 20. Orden de las secciones por medio de algoritmo ALDEP, Segunda propuesta.....	38
Figura 21. Alternativa SLP 01 Mejorada	39
Figura 22. Alternativa SLP 02 Mejorada	39
Figura 23.. Alternativa CORELAP 01 Mejorada.....	40
Figura 24. Alternativa CORELAP 02 Mejorada	40
Figura 25. Alternativa ALDEP 01 Mejorada	41
Figura 26. Alternativa ALDEP 02 Mejorada	41
Figura 27. Esquema jerárquico del problema.....	45

Resumen

El presente trabajo de investigación titulado: Implementación de la Metodología Systematic Layout Planning (SLP) para realizar una propuesta de distribución de planta, La Libertad – 2022. se llevó a cabo con el objetivo de implementar la Metodología Systematic Layout Planning para generar una propuesta de distribución de planta. La investigación fue cualitativa descriptiva; así mismo para llevar a cabo la investigación se tomó como muestra representativa al área de almacenamiento de la empresa, la técnica utilizada para la recolección de información fue la observación y como instrumento la entrevista. Con la aplicación de la metodología SLP y algoritmos CORELAP y ALDEP permitió generar propuestas de distribución de planta las cuales mediante un método AHP que es un método multicriterio se procedió a evaluar las propuestas y determinar la que mejor se adapta a las condiciones de la empresa obteniendo como resultado final la propuesta de distribución de planta elaborada con la metodología SLP, así mismo se recomendó que se debe de fortalecer y crear una cultura de prevención, orden y seguridad al interior de la organización para que se pueda utilizar de una manera adecuada las diferentes secciones de trabajo y estas funcionen de manera eficiente y en conjunto.

Palabras clave: SLP, ALDEP, CORELAP, algoritmo, AHP.

Abstract

The present research work entitled: Implementation of the Systematic Layout Planning (SLP) methodology to make a proposal for plant distribution, La Libertad - 2022. It was carried out with the objective of Apply the Systematic Layout Planning Methodology to generate a proposal for distribution plant. The research was descriptive qualitative; Likewise, to carry out the investigation, the company's storage area was taken as a representative sample, the technique used for the collection of information was observation and the interview as an instrument. With the application of the SLP methodology and CORELAP and ALDEP algorithms, it was possible to generate plant distribution proposals which, through an AHP method, which is a multicriteria method, proceeded to evaluate the proposals and determine the one that best suits the company's conditions, obtaining As a final result, the plant distribution proposal elaborated with the SLP methodology, likewise it was recommended that a culture of prevention, order and security should be strengthened and created within the organization so that the different work sections and these work efficiently and together.

Keywords: SLP, ALDEP, CORELAP, algorithm, AHP.

I. INTRODUCCIÓN

La escena del negocio correspondiente al ámbito de la construcción se caracteriza principalmente por su gran dinámica y ser muy competitiva en el mercado laboral, Zuñiga (2016) indica que “Se debe a que muchas de las tendencias con el pasar del tiempo han cambiado considerablemente, donde para sobrevivir al entorno no solo es necesario los deseos satisfactorios, sino también es importante superar obstáculos y lograr resultados excelentes y una calidad de producto final”. Es por ello que durante los últimos años lo que respecta al tema del sector de la construcción en el Perú ha sido muy dinámico y cambiante, esto en gran parte a los enfoques gubernamentales los cuales priorizan los fondos económicos a proyectos que cuenten con un enfoque social, así como, las diferentes mejoras infraestructurales en su plan nacional de desarrollo para lo cual se presentan pequeños y grandes comerciantes y productores de materiales de construcción. En el Perú no se tiene un límite de suministros para los proyectos de construcción, es por ello que algunas empresas no cuentan con una base de datos digital o documentos en el cual se tenga una referencia interna de materiales en el almacén de la empresa constructora. Fernández (2016), menciona que “El sector de la construcción en el Perú es uno de los más competitivos por ello es que cada empresa dedicada a este rubro necesita mejorar sus actividades constantemente para que de esta manera se mantenga enfocada y en competencia. La lucha por avanzar dentro del mercado competitivo requiere que la empresa constructora pueda adaptarse con facilidad a la nueva realidad que se vive día a día, para ello debe existir un plan de adquisición, almacenamiento y distribución, ya que muchas empresas cuentan con un centro de distribución que se basa principalmente en almacenes improvisados, cuya única función es la recolección de productos y su capacidad, así como también muchas empresas cuentan con un mal manejo administrativo”. A todo esto, con la implementación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) se diseñará un plan interno que permita realizar compras, almacenamiento y distribución de los materiales de construcción para que se realice de una forma adecuada. En el Perú, las empresas constructoras aportan directamente a la economía generando un desarrollo al país.

En lo que respecta al ámbito local, actualmente las empresas de construcción de la Región La Libertad, principalmente las ubicadas en la sierra liberteña, Fernández (2016), menciona que a pesar de tener un importante crecimiento económico muchas de ellas cuentan con una distribución de planta ineficiente en donde no presenta las características para que se realice un almacenamiento adecuado, dado que los espacios con los que se cuenta para almacenar los materiales no son óptimos y en muchas ocasiones los materiales se deterioran, generando pérdidas que a la larga se acumulan y perjudican directamente la economía de las empresas.

La realidad problemática y los antecedentes llevó a plantear el siguiente problema de investigación: ¿La empresa cuenta con una adecuada distribución de planta para el almacenamiento y distribución de sus materiales de construcción?

La justificación conveniente de la investigación fue que los resultados obtenidos ayudaran a conocer cuál es la mejor distribución en planta para la empresa constructora aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP).

Así mismo como valor teórico esta investigación ayudará a posteriores trabajos de investigación que cuenten con la misma variable de estudio y pueda ser aplicada en otras empresas de diferentes regiones del país que presenten problemas en su distribución de planta; en donde la implementación de la Metodología Systematic Layout Planning (SLP), permitirá una mejor adquisición, distribución y almacenamiento de materiales. Así mismo el proyecto de investigación contó con una implicancia práctica ya que contribuyó a mejorar ciertas deficiencias que tenía la empresa ayudando a mejorar su distribución de planta según la metodología propuesta. La relevancia social con la que contó el proyecto de investigación es que busca fortalecer a las empresas constructoras para que puedan administrar correctamente sus insumos a través de la Metodología Systematic Layout Planning (SLP), para mejorar la distribución y el espacio con el que se cuenta para el almacén. Los resultados obtenidos también ayudaran a tomar decisiones y poder optimizar de una forma adecuada el almacén de la empresa constructora al momento de ejecutar obras y poder elevar la productividad para aprovechar los recursos con los que se cuenta y de esta forma mejorar el rendimiento, tiempo de trabajo y costos. La investigación aplicó una serie de

metodologías establecidas por el método científico por el cual se obtuvieron los resultados mediante un pre-test y post-test, en función a un esquema que se basó principalmente en su actual distribución en planta y posteriormente aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP), en la empresa de construcción.

Todo esto llevó a plantear como objetivo principal: Realizar la implementación de la Metodología Systematic Layout Planning para generar una propuesta de distribución de planta en la empresa Jhameg Constructores S.A.C., La Libertad – 2022.

Para poder llegar a determinar el objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) Identificar la situación actual de la distribución de planta de la empresa; b) Generar propuestas de distribución de planta mediante la Metodología Systematic Layout Planning (SLP), algoritmos CORELAP y ALDEP; c) Evaluar las propuesta de distribución de planta mediante un análisis multicriterio con el método AHP; d) Aplicar conceptos básicos de seguridad a la propuesta de distribución de planta.

Para dirigir el desarrollo del proyecto de investigación se planteó como hipótesis general: La implementación de la metodología Systematic Layout Planning permitirá realizar una adecuada propuesta de distribución de planta en la empresa Jhameg constructores S.A.C., La Libertad-2022.

Asi mismo se plantearon hipótesis específicas: El diagnóstico de la situación actual de la distribución de planta de la empresa Jhameg constructores S.A.C., La Libertad-2022 es inadecuada. La implementación de la metodología Systematic Layout Planning va a permitir proponer una distribución de planta para la empresa Jhameg constructores S.A.C., La Libertad-2022. La distribución de planta después de la aplicación de la metodóloga Systematic Layout Planning en la empresa Jhameg constructores S.A.C., La Libertad-2022 es positiva.

II. MARCO TEÓRICO

En referencia a los trabajos previos revisados en el contexto internacional sobre la variable Systematic Layout Planning (SLP), se tiene a Arce (2015) cuyo objetivo fue identificar los principales problemas de distribución de planta en la empresa constructora, quien finalmente concluyo el estudio indicando todos los problemas que presenta la empresa a la hora de realizar el almacenamiento de sus materiales de construcción y recomendando que se debe de gestionar los espacios disponibles aplicando la metodología SLP y poder adoptar nuevas estrategias para posteriores proyectos, al realizar esto se estaría ganando un valor agregado el cual a la larga se convierte en significativas ganancias para la empresa mejorando su posición en el mercado y ganando más clientes gracias a la calidad de su producto final.

Zuñiga (2016), en su trabajo de investigación plantea como principal objetivo determinar la influencia de la metodología (SLP) proponiendo una distribución de planta para la empresa constructora, teniendo como resultado que es de gran importancia tener todo claro a la hora de identificar el espacio disponible con el que se cuenta ya sea a la hora de realizar una nueva distribución de planta o modificar una ya existente, el estudio concluyo indicando que si se aplica adecuadamente la metodología SLP se puede llegar a tener una eficiente distribución de planta; la empresa constructora alcanzará una disminución de precios dado que los materiales no se llegaran a deteriorar anticipadamente.

De la Rosa & Davale (2015), plantean como principal objetivo en su trabajo de investigación: determinar el espacio disponible a la hora de la recepción de materiales y su respectivo almacenamiento, obteniendo como resultado que estos no se realizaban de una manera adecuada debido a la deficiente distribución de planta de la empresa, presentando graves errores tales como, por ejemplo; no se contaba con espacios determinados para cada material que ingresaba, falta de señalización, delimitación de pasadizos, etc. Finalmente, el estudio concluyó indicando que existen problemas con la distribución de planta, por ello, los autores recomiendan la aplicación de la metodología SLP para optimizar el espacio disponible y generar un adecuado almacenamiento y ejecución de actividades.

En referencia a los trabajos previos revisados en el contexto nacional sobre la variable distribución de planta, destacó Choquehuanca (2018), cuyo objetivo fue determinar la mejor distribución en planta aplicando un diseño de Layout en la empresa de construcción ubicada en la ciudad de Cajamarca, obteniendo como resultado que se tiene una diferencia considerable entre los años 2016 – 2017, donde en el año 2016 se obtuvo un rendimiento del 44% en comparación al 2017 que llegó a un 61.30% cuando se aplicó el diseño de Layout.

Urday & Cebberos (2017), plantearon como objetivo de su trabajo de investigación poder determinar la influencia de una adecuada distribución de planta en las empresas Pymes del sector de construcción ubicadas en el distrito de puente piedra, Lima. Teniendo como resultado de su investigación un nivel significativo de 7% y 5 grados de libertad, así como un Chi^2 de 6.302, el cual se encuentra dentro de la zona de aceptación. Concluyeron su estudio pudiendo llegar a realizar una adecuada distribución de planta pudiendo mejorar la optimización del espacio disponible de manera considerable.

Espinosa & Durand (2017), propusieron como objetivo principal en su trabajo de investigación realizar una propuesta distribución de planta con implementación de módulos ocupacionales en una empresa constructora en Lima, Perú. Quienes después de realizar la evaluación correspondiente concluyeron que si se tiene una inadecuada organización dentro de la distribución de planta de la empresa constructora traerá como consecuencia que los materiales se deterioren generando que los precios contemplados en el presupuesto del proyecto que se venga ejecutando se eleven.

En referencia a los trabajos previos revisados en el contexto local sobre la variable distribución de planta se tiene a, Fernández (2016) quien en su trabajo de investigación planteo como objetivo principal evaluar la actual distribución de planta, todo esto se llevó a cabo mediante un levantamiento de información aplicando como instrumento una entrevista a los trabajadores de la empresa quienes son los que conocen las actividades que realiza la misma, finalmente concluyó, que las empresas dedicadas al rubro de construcción en la sierra

liberteña cuentan con una inadecuada distribución de planta, lo que lleva a que se genere menesteres al momento de almacenar los materiales debido a no contar un espacio determinado estos se deterioran rápidamente.

De acuerdo a (Núñez, 2014) Indica que “La distribución de planta, tiene como finalidad mejorar la distribución de los diferentes materiales necesarios para llevar a cabo las diferentes actividades que pueda llevar a cabo la empresa, de forma que se puedan alcanzar los objetivos y metas establecidas de la manera más eficiente y adecuada posible. Una adecuada distribución de planta tiene que tener la disponibilidad de espacio para cada tipo de material en especial así como para la conformación de pasadizos que permitan una buena circulación de persona, materiales e información”.

Las ideas que se tiene sobre distribución de planta son muy diversas, pero permiten determinar la eficiencia de los espacios con los que se cuenta. De acuerdo a (Heizer, 2007) el diseño de layout de las grandes empresas tiene mucha implicancia estratégica, dado que “establecen prioridades competitivas de la empresa desde el punto de vista de los procesos, flexibilidad, costos y capacidad, no dejando de lado nunca la comodidad del colaborador, el contacto con el cliente, la imagen de la empresa y el producto final que se ofrece”. Así mismo el autor menciona que el principal objetivo de una buena distribución de planta es: “desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa”.

(Chase, 2009), indica que “las decisiones que se tomen a la hora de determinar donde se instalaran las diferentes áreas de la empresa deberán de ser las más adecuadas posible para que se genere una instalación productiva”, por ello el autor plantea como objetivo principal: “ordenar estos elementos de manera eficiente garantiza un flujo continuo del trabajo dando un patrón de tránsito ordenado”.

“El diseño de la distribución de planta física es un elemento fundamental en toda empresa que requiera un lugar de adecuado de almacenamiento, ya que se ve involucrado directamente la calidad y el costo del producto y, por lo tanto, los ingresos directos de la organización se ven afectado por el diseño de la distribución

de planta dado que incluye la ubicación de la planta, el diseño del inmueble y el manejo de materiales a almacenar”. (Meyers, 2006).

Las ideas de los autores anteriormente mencionados llegan a una misma conclusión sobre la distribución en planta, la cual se debe de diseñar pensando en que se solucione: la disminución de recorrido de los materiales a almacenar, aprovechar de manera óptima el espacio con el que cuenta la empresa y que quede la opción de ser cambiada ante la ocurrencia de alguna eventualidad. Así mismo se menciona que si se realiza una correcta distribución de planta todo esto se ve reflejado en un ambiente grato y seguro para los colaboradores de la empresa, y, además, al contar un espacio determinado para el almacenamiento adecuado de materiales esto se refleja en una considerable reducción de costos.

Para una adecuada distribución de planta existen diversos factores los cuales influyen a la hora de realizar el diseño, tal cual lo indica (Domínguez, 1995) al decir que: “si se realiza una buena distribución de planta se tiene que tener en cuenta y conocer los diversos factores que estén relacionados entre ellos, estos factores pueden variar en función a cada organización y situación en específico, pero lo que si se tiene que tener claro es que la distribución de planta debe de tener la función de poder equilibrar las características de cada factor para poder tener la máxima ventaja de cada uno de ellos es por eso que el autor agrupa estos factores en ocho grupos los cuales son: 1) los materiales, 2) las herramientas, 3) la mano de obra, 4) el movimiento de materiales, 5) los tiempos de espera, 6) servicios auxiliares, 7) el edificio y 8) los cambios.

Para (Domínguez, 1995) Los materiales en un factor fundamental a tener en cuenta ya que influye directamente en los métodos de cómo son almacenados y manipulados de acuerdo a su forma, volumen, peso, características químicas y físicas. Una adecuada distribución de planta se requiere conocer las diferentes herramientas, equipos, maquinaria que son indispensables para realizar las diversas actividades que ejecuta la empresa tales como poder conocer la forma, altura, peso, cantidad, espacio disponible, el riesgo para los colaboradores, entre otros. Así mismo se debe de considerar la clase y el tipo de equipos y herramientas utilizados más comúnmente.

(Domínguez, 1995) indica que la mano de obra es un factor importante a la hora de realizar el diseño de distribución de planta ya que se tiene que ver por la seguridad de los trabajadores, iluminación, ventilación, temperatura, ruidos. Además, también hay que evaluar el desempeño de los colaboradores es por ello que la mano de obra es sumamente importante para que la distribución de planta cumpla su función de optimizar tiempo al momento de realizar las operaciones sé que ejecuten dentro del almacén.

(Platas, 2014) menciona que el movimiento de materias es un factor que se tiene que tener muy en claro por que permite reducir tiempos y costos al tener cada material a almacenar un lugar ya designado y así evitar que queden en el pasillo, disminuir el traslado, reducir el manejo innecesario y de esta forma poder tener una dirección única para cada material de construcción.

Los tiempos de esperas lo describe (Domínguez, 1995) como un factor a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de distribución de planta ya que al tener materiales en espera dentro del almacén esto genera costos innecesarios los mismos que se pueden evitar teniendo grandes cantidades de materiales almacenados de toda clase, operarios en campo a la espera de materiales que se encuentran en almacén y no son despachados, errores en las guías, inventarios, registro de materiales existentes, entre otros.

Para (Platas, 2014) los servicios auxiliares en un diseño de distribución de planta es un factor importante dado que mantienen y conservan en actividad a los colaboradores que se encargan del almacén, por ello se debe evitar que se generen quejas sobre la distribución, llegada retrasada de materiales, aglomeramiento de muchas personas en una determinada área, demora en las distribuciones de materiales a campo.

(Domínguez, 1995) menciona que la influencia del edificio o establecimiento en donde se realizara el diseño de distribución es determinante si este ya existe ya que el diseño se tendrá que adaptar a la actual distribución, disposición espacial, forma de planta, columnas, escaleras, tomas de corriente, altura y niveles ya que esto limitan el diseño de distribución de planta a diferencia de cuando se tiene la libertad de diseño cuando el edificio es nuevo. En función al factor de diseño de

acuerdo a los cambios, la distribución debe ser flexible, ya que se debe de tener en consideración posibles variaciones por lo que se tiene que considerar los cambios y su magnitud que esto conlleva. Para poder lograr un diseño de planta flexible se tiene que mantener la distribución apta para cualquier variaciones inesperadas y emergencias que puedan surgir y poder seguir cumpliendo la principal función del diseño de distribución de planta que es mantener un ordenamiento del almacén.

Para tener un adecuado diseño de distribución de planta se tiene que saber calcular la superficie mínima necesaria es por ello que (Núñez, 2014) menciona que ante la necesidad de una distribución de planta eficiente se precisa saber cuáles son los espacios requeridos para ubicar los diferentes materiales de construcción necesarios para que la empresa pueda llevar a cabo sus proyectos, es por ello que indica que la superficie total (S_t) de cada área es la suma de los tres siguientes componentes: Superficie estática (S_s); Superficie de gravitación (S_g); Superficie de evolución (S_e); primeramente, la superficie estática (S_s) es la que ocupan físicamente todos los elementos que son necesarios para las actividades productivas de la empresa tales como maquinas, herramientas, materiales, equipos, entre otros. Esta superficie se obtiene multiplicando el largo por el ancho de cada elemento antes mencionado, por lo que la superficie estática se representaría como: $S_s = \text{Largo} \times \text{Ancho}$. Como segundo punto se tiene a la superficie de gravitación (S_g) dicha superficie es la que se necesita alrededor de los equipos, herramientas, materiales que permitan que los colaboradores puedan realizar sus labores de manipulación. Esta superficie se calcula en función a la superficie estática (S_s) del elemento multiplicado por el número de lados de este (N) por los que se pueda manipular este. La representación de cálculo para la superficie de gravitación quedaría como: $S_g = S_s \times N$. Como tercer punto se requiere saber la superficie de evolución (S_e) la cual es el espacio que debe de reservarse entre los lugares de almacenamiento de cada elemento lo cual permita un adecuado desplazamiento de materiales y colaboradores. Esta superficie se calcula de la siguiente manera: $S_e = (S_s + S_g) \times K$; siendo K un coeficiente que esta entre 0.05 y 3 según el tipo de industria. Para una distribución de planta se tiene un coeficiente $K=1.50$. Conociendo el valor de las superficies antes mencionadas se podría calcular la superficie total sumando las tres anteriores: $S_t = S_s + S_g + S_e$.

(Núñez, 2014) menciona que cuando se conoce la estimación sobre el espacio que se necesita para cada elemento, se puede iniciar el diseño de distribución de planta requerida por la empresa ya sea en función a criterios cualitativos o cuantitativos.

(Del Río, 2003) indica que el constante estudio de metodologías para el diseño de distribuciones de plantas, vienen desde la década de los años 50, en donde destacan Buffa (1955) y Immer (1950). Años después se encuentra a Muther (1961) quien presenta la metodología Systematic Layout Planning, quien incorpora un flujo de materiales el cual es de suma importancia para el diseño de todo tipo de distribuciones de planta indiferentemente al tipo de actividad que la organización realice tales oficinas, almacenes, hospitales, locales comerciales, etc.

(Pérez, 2008) realiza una comparación de varias metodologías en su documento sobre las metodologías que se tienen a la mano para dar solución a los problemas de diseño de layout y concluye que: el SLP ha sido sin duda una metodología con bastante aceptación y es la más común a la hora de buscar una solución a los problemas de distribución de planta; El SLP reúne una gran cantidad de ventajas ya que incorpora un flujo de materiales dentro del diseño de distribución por lo que el proceso de planificación se hace más organizado y se puede visualizar los elementos involucrados en la implementación y saber qué relaciones existe entre ellos; La buena aceptación que tiene la metodología SLP, y la relación de los tres modelos de distribución básica ha sido la principal causa de que ya no se hayan realizado más investigaciones sobre esta problemática que se tiene con las distribuciones de planta.

(Wiyaratn, 2013) menciona que existen múltiples métodos para realizar un diseño de distribución de planta siendo el SLP el más popular ya que es un método bastante simple de aplicar y fundamental a la hora de buscar una solución y ayudar a mejorar las instalaciones con las que pueda contar cualquier empresa.

(Mohr, 1999), simplifico el método SLP propuesto por Muther en 1961 en seis pasos para poder llegar a diseñar una distribución de planta los cuales se comentan a continuación: Como primer paso se requiere graficar las relaciones entre las áreas que conforman la empresa por lo que se tiene que realizar la

identificación para realizar un diagrama para poder documentar la cercanía que se desea entre un material acopiado y otro. Como recurso de apoyo se utilizan las vocales (A, E, I, O, U) y la "X" para poder indicar las relaciones entre cada área de trabajo. Así mismo, cada relación se justifica con una razón, la cual tiene que representarse por un número específico para mantener el orden deseado. Como segundo paso se tiene que establecer los espacios requeridos para cada área el cual será utilizado como centro de trabajo, servicios auxiliares y almacenaje de materiales. Una vez que se llega a establecer los requerimientos de espacios se tiene que proceder a graficar las relaciones de actividad construyendo un diagrama de nodos el cual represente gráficamente las actividades y la relación que hay entre ellas. Gracias a la creación del diagrama de la situación actual, y mediante prueba y error, se tiene que dejar las áreas de mayor relación (A) lo más cerca y las menos deseables (X) alejarlas lo mayor posible, obteniendo así varios escenarios de una adecuada distribución de planta. El siguiente paso consiste en dibujar la propuesta de layout en relación al espacio y actividades para cada área, es decir, adaptar los diagramas en función del espacio necesario. Para ello se debe tener en cuenta todas las características físicas tales como columnas, puertas, pasadizos, paredes, entre otros. A más detalle se tenga se podrá considerar un buen diseño final. Como quinto paso se tiene que evaluar las diferentes alternativas propuestas que se tiene para el diseño utilizando criterios que incluyan aspectos que satisfagan la posible expansión, un buen flujo de materiales, reducción de costo, etc. Una vez que se tengan los diferentes criterios de proceder a priorizar asignando una numeración siendo el criterio de mayor importancia el que tenga una numeración más alta, luego se tiene que evaluar y calificar todas las posibles alternativas que se tienen utilizando una escala de grados de cercanía (A, E, I, O, U), una vez que se realiza la calificación para cada criterio de todas las alternativas se convierten las letras en valores (A=4, E=3, I=2, O=1, U=0) y luego estos valores multiplicarlos por los valores de los pesos de cada criterio para posteriormente sumar todos los valores que posee cada alternativa y poder elegir la que tiene mejor puntuación. Finalmente como sexto y último paso se tiene que desarrollar el layout seleccionado dibujando las principales actividades de cada área así como la ubicación de equipos, herramientas, materiales. Posteriormente en función a como se va realizando este

paso se puede ir ajustado algunos cambios menores como ubicación de puertas, ancho de pasadizos, iluminación y seguridad.

Para poder llegar a obtener el mejor diseño de distribución de planta se hará uso de Algoritmos heurísticos de tipo constructor, (Segura, 2010) menciona que “un algoritmo heurístico, generalmente determina el orden en el cual se selecciona las actividades y su posición en la que serán situados en función a su importancia dentro de la distribución general teniendo en cuenta su proximidad una de otras. Iniciando de esta forma se pueden añadir actividades al interior de la distribución de planta obteniendo soluciones sin la necesidad de partir de una distribución inicial. Las principales diferencias entre estos algoritmos de este tipo están en la forma en que se seleccionan las posiciones que ocuparan cada actividad de la empresa es por ello que se obtiene una solución para obtener el máximo beneficio en cada etapa del diseño de distribución de planta”.

Uno de los dos algoritmos que se utilizaran en el presente proyecto de investigación es el ALDEP, “Automated Layout Design Program, es un programa que se desarrolló por Seehof y Evans (1967) la cual tiene una capacidad de poder distribuir hasta un total de 63 áreas dentro de una distribución de planta. Este programa usa una matriz de códigos de letras las que son similar a las descritas en las prioridades de cercanía los cuales son calificados de forma cuantitativa para poder facilitar la evaluación. El algoritmo que utiliza el programa permite seleccionar un área de forma aleatoria y lo ubica en una esquina noroeste de la planta de distribución, ubicando las demás áreas de forma sucesiva en función a las especificaciones de proximidad asignadas” (Domínguez, 1995).

(Segura, 2010), plantea que el ALDEP coloca las actividades de forma secuencial el cual en función a un patrón de llenado le permite seguir diversas trayectorias las cuales inician en cualquier esquina de la planta de distribución, moviéndose este de forma horizontal o vertical.

Como segundo algoritmo se utilizará el CORELAP, “Computerized Relationship Layout Planning fue desarrollado por Lee & Moore en el año 1967, este es un algoritmo que usa principalmente las relaciones de cercanía de cada área para poder llegar a determinar una distribución, en función a este criterio el

área con la calificación de cercanía más alta es asignada y seleccionada al centro del diseño de la distribución de planta, de esta forma poder orientar la distribución de las demás áreas restantes” (Leyva, 2013).

“CORELAP es un software computacional que tiene la capacidad de ordenar hasta 45 áreas, requiere de inputs que se ingrese tales como las especificaciones de los tamaños de las áreas y algunas dimensiones de planta. Coloca lo que será el centro de la distribución y la relaciona con las demás y va colocándolos en función a su necesidad de cercanía con las que ya se colocaron” (Domínguez, 1995).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipos y diseño de investigación

El tipo de investigación fue cuantitativa descriptiva, partiendo de hechos particulares respecto a la metodología Systematic Layout Planning con el fin de llegar a una adecuada distribución de planta.

El diseño de investigación fue experimental, pre – experimental, cuya orientación estuvo dirigida a solucionar el problema de investigación, para poder explicar los efectos causales, dado que las variables donde mayor fuerza tiene es la metodología Systematic Layout Planning con un grupo único y con el siguiente esquema:

$$G: O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

G: Empresa Jhameg Constructores S.A.C.

O₁ = Distribución de planta antes de la implementación de la metodología SLP.

X = Implementación de la metodología SLP.

O₂ = Distribución de planta después de la implementación de la metodología SLP.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Metodología Systematic Layout Planning (SLP).

Es una variable con enfoque cuantitativo ya que se mide en función a Localización, Distribución e Instalación, la escala a la que se ajusta la variable es de tipo ordinal.

- **Definición Conceptual:** Es una herramienta que permite una utilización eficiente de los recursos, organización de las áreas de trabajo y la optimización de los procesos, mayor nivel de competitividad y mejoramiento continuo (Muther, 1968).

- **Dedición Operacional:** Es aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes y se midió de acuerdo a cada uno de los indicadores de las dimensiones de localización, distribución e instalación.

Variable 2: Distribución de planta.

Es una variable con enfoque cuantitativo debido a que se miden en función a espacios disponibles con lo que se cuenta, la variable se ajusta al tipo ordinal.

- **Definición Conceptual:** La distribución en planta, se define como la ordenación física de los elementos que constituyen la empresa. Pero no solo se refiere a situar las máquinas, los bancos de trabajo, las estanterías, etc. (Sotero, 1992).

Definición Operacional: La distribución de planta tiene como finalidad planificar un lugar adecuado con un equipo adecuado, para llegar a elaborar una unidad de producción de manera más eficaz, y que cuente como principal característica una menor distancia entre secciones para optimizar el mayor tiempo posible.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población estuvo conformada por todas las áreas de la empresa Jhameg Constructores S.A.C

Muestra: Como muestra se seleccionó cuatro áreas las cuales fueron: Gerencia general, área de administración y finanzas, área de operaciones y área de almacén.

Muestreo: El muestreo fue por conveniencia, no probabilístico conformado por la empresa constructora Jhameg Constructores S.A.C. que cumple los criterios de inclusión para el estudio de investigación.

Unidad de Análisis: Se tomó como unidad de análisis la distribución de planta.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica de recolección de datos se empleó la observación directa y como instrumento entrevistas, para la validación del instrumento se contó con el visto bueno de tres profesionales relacionados al tema de investigación. La entrevista se adjunta en anexos así como la validación del instrumento.

3.5. Procedimiento

Se realizará la implementación de la Metodología SLP para lo cual se llevará a cabo un levantamiento de información sobre las distintas áreas que conforman la empresa, para poder identificar todos los materiales que ingresan y son almacenados, esto dará como resultado poder obtener la actual distribución de planta de la empresa. Como segundo paso se procederá a realizar propuestas de distribución de planta con la ayuda del SLP y utilizando algoritmos del tipo constructor tales como el ALDEP y CORELAP, los cuales serán evaluadas utilizando métodos de análisis multicriterio tal como el AHP para llegar a determinar la mejor propuesta de distribución de planta. Finalmente se realizarán diversas propuestas las cuales ayudarán a mejorar los ambientes de trabajo generando una mayor seguridad a los colaboradores de la empresa llegando a obtener una adecuada distribución de planta final.

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar todos los datos obtenidos en el trabajo de investigación se utilizó el software computacional CORELAP, así mismo, para la presentación de los resultados se realizó en función de tablas y gráficos que muestran todos los resultados de la investigación.

3.7. Aspectos éticos

Durante todo el proceso del trabajo investigación se respetó siempre la confidencialidad de la información obtenida. También, se registró la información teórica respetando los derechos de autor tal cual lo estipula la normativa vigente exigida por la universidad, así mismo se tomó como responsabilidad el citar adecuadamente en función a la norma ISO 690 y 620-2 toda la información recolectada de artículos científicos, libros, páginas web, etc. Durante toda la elaboración del proyecto de investigación se respetó la propiedad intelectual de los autores en el marco teórico, así como de cada antecedente. El autor de esta investigación dejó constancia de que el presente trabajo es de su total autoría dejando claro los resultados obtenidos para futuros proyectos que cuenten con las mismas variables de estudio.

IV. RESULTADOS

Se realizó como primera etapa el levantamiento de información mediante una observación directa de la actual distribución de planta en donde se pudo determinar los distintos tipos de maritales de construcción que son almacenados de acuerdo a como iban ingresando sin tener una zona designada, colocando el material en donde había espacio disponible, así mismo pasaba con diferentes equipos y herramientas. Se pudo observar también que los responsables de llevar a cabo las actividades de recepción, almacenamiento y distribución de materiales en el almacén son 1 almacenero, 2 operarios y 2 ayudantes.

Dentro de las instalaciones de la empresa también se realiza actividades de habilitación de acero las cuales se llevan a cabo en un área aparte de las otras instalaciones de almacenamiento. En dicha área se corta acero, se arman columna, vigas, estribos etc.

Como segunda actividad se procedió a entrevistar de forma abierta a todos los colaboradores de la organización para tener una noción de la realidad de esta. De las entrevistas realizadas se llegó a obtener información que ayudo a entender el funcionamiento de la misma tales como por ejemplo el rubro en que se desempeña, clientes que posee, principales proveedores de materiales, equipos y maquinas existentes. A través de las entrevistas informales realizadas al personal encargado del almacén se pudo entender que hay operarios que reciben, almacenan y distribuyen los materiales de construcción y existen otros operarios que se encargan del habilitado de acero dentro de la distribución de planta los cuales utilizan diferentes equipos, herramientas y técnicas.

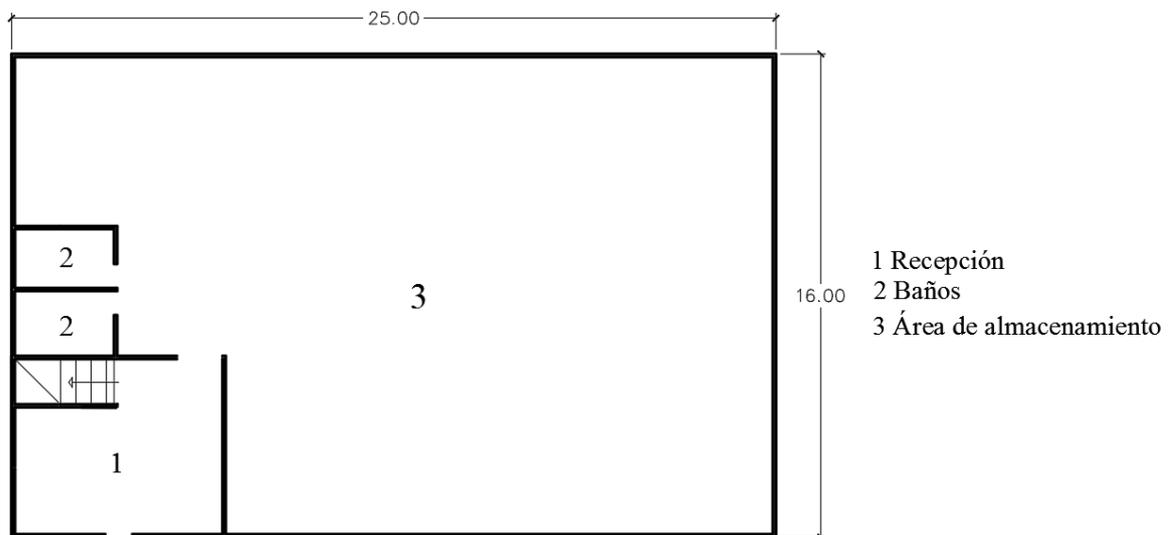
En las entrevistas que se realizó al personal que habilita el acero se llegó a conocer las funciones y el procedimiento que siguen, tales como el cortado de acero, cortado de alambre, doblado de acero, armado de elementos estructurales y en algunos casos excepcionales se realiza la soldadura de acero.

De acuerdo a las entrevistas que se realizó con el generante de la empresa constructora, se logró obtener información relevante de las actividades que desempeña la organización y las máquinas, equipos y materiales que se utilizan para que los trabajos se puedan llevar a cabo. Así mismo para la nueva distribución de planta, él propuso una idea tentativa de lo que deseaba que sea la nueva distribución así como algunas medidas y orientaciones de las nuevas áreas. La idea que se tuvo fue la de construir no más de 25.00m x 16.00m. y que tenga la opción de construcción de un segundo piso para que ahí se instalen las oficinas administrativas, hall, comedor y servicios higiénicos. Por tanto, en el primer piso se cuenta con un área para una recepción para los clientes, un servicio higiénico, y el área de almacenamiento de materiales, herramientas y equipos.

De acuerdo a este pre diseño de distribución de planta, el primer piso se contará con una recepción la cual tendrá un área de 42.00 m²; dos servicios higiénicos para ambos géneros con un área de 6.00 m²; y el área de almacenamiento y habilitado de acero contará con un área de 352.00 m².

Figura 1

Distribución de planta del primer piso de la nueva instalación según entrevista con el gerente de la empresa.

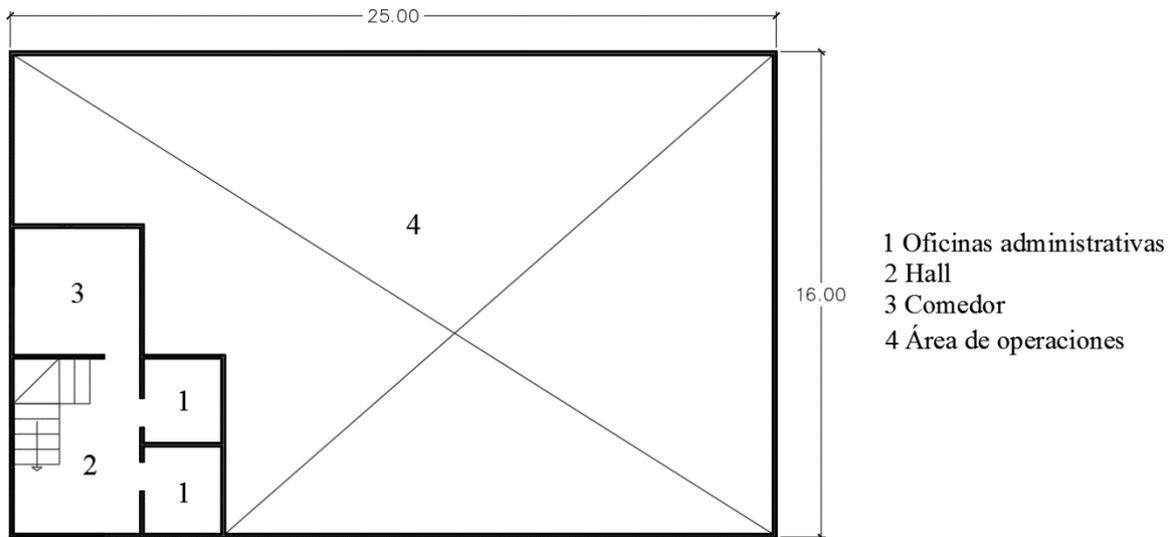


Fuente: Elaboración propia.

El segundo piso de la futura distribución de planta contará con una oficina de gerencia y una administrativa con un área de 15.00 m² cada una, un comedor con un área de 16.00 m².

Figura 2

Distribución de planta del segundo piso de la nueva instalación según entrevista con el gerente de la empresa.



Fuente: Elaboración propia.

Mediante las entrevistas realizadas con los operadores y el gerente de la empresa se llegó a identificar las diferentes áreas con las cuales esta conforma la empresa tales como oficinas administrativas, servicios higiénicos, área de almacenamiento de materiales, herramientas y equipos. Así mismo se identificó el área de habilitación de acero en donde se realiza el corte, doblado, y armado de elementos estructurales, para ello las varillas de acero tienen que hacer un recorrido desde el lugar en donde están almacenadas hasta el área en donde se realizara la habilitación de los diferentes elementos estructurales. Todas las actividades para la habilitación de acero se hacen en áreas separadas.

Posteriormente a las entrevistas con el gerente, operadores del almacén y operadores de habilitación de acero; se logró identificar las diferentes áreas que conforman la empresa para lo cual se realizó el cálculo de estas superficies.

Tabla 1

Longitudes y áreas de cada ambiente de la empresa

Departamento	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m²)
Oficina administrativa	2.50	6.00	15.00
Ambiente de habilitación de acero	15.00	10.00	150.00
Almacenamiento de materiales	8.00	4.00	32.00
Almacenamiento de máquinas y herramienta	5.00	5.00	25.00
Servicios higiénicos	1.50	4.00	6.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Longitudes y áreas de los diferentes ambientes que conforman la habilitación de acero de la empresa.

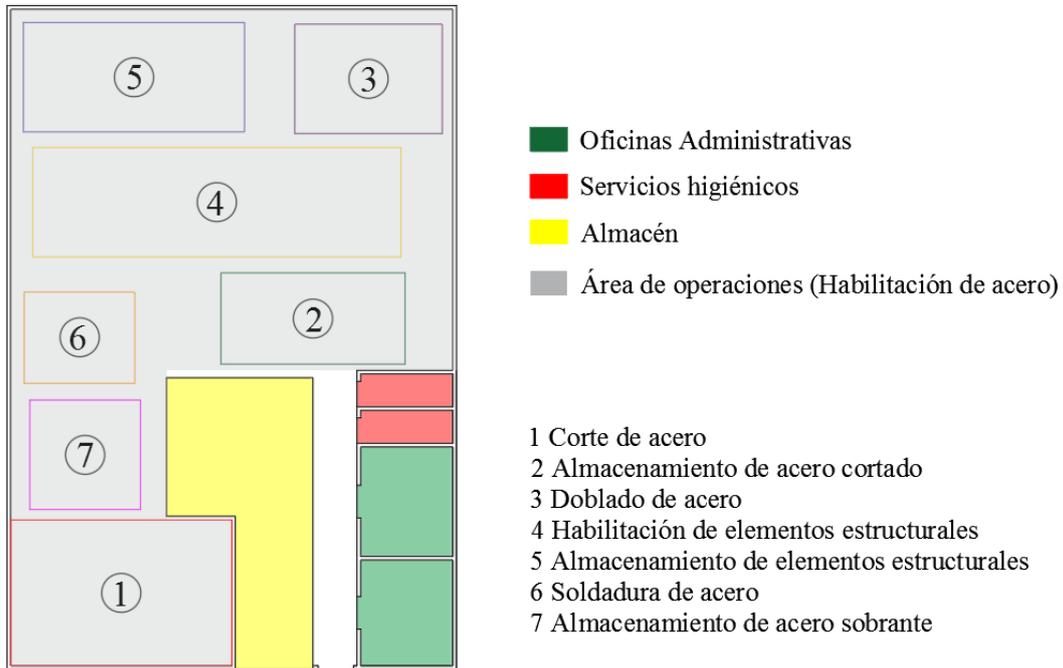
Ambiente	Centro de actividades		
	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m²)
Corte de acero	6.00	4.00	24.00
Almacenamiento de acero cortado	5.00	2.50	12.50
Doblado de acero (estribos)	4.00	3.00	12.00
Habilitación de elementos estructurales	12.00	4.50	54.00
Almacenamiento de elemento estructurales	5.00	3.00	15.00
Soldadura de acero	3.00	2.50	7.50
Almacenamiento de acero sobrante	3.00	3.00	9.00

Fuente: Elaboración propia

Con las medidas obtenidas de los diferentes departamentos y ambientes de la habilitación de acero se pudo realizar el actual layout de la empresa. En la figura 3 se plasma la distribución de planta actual de la empresa constructora.

Figura 3

Layout actual de la empresa constructora



Fuente: Elaboración propia

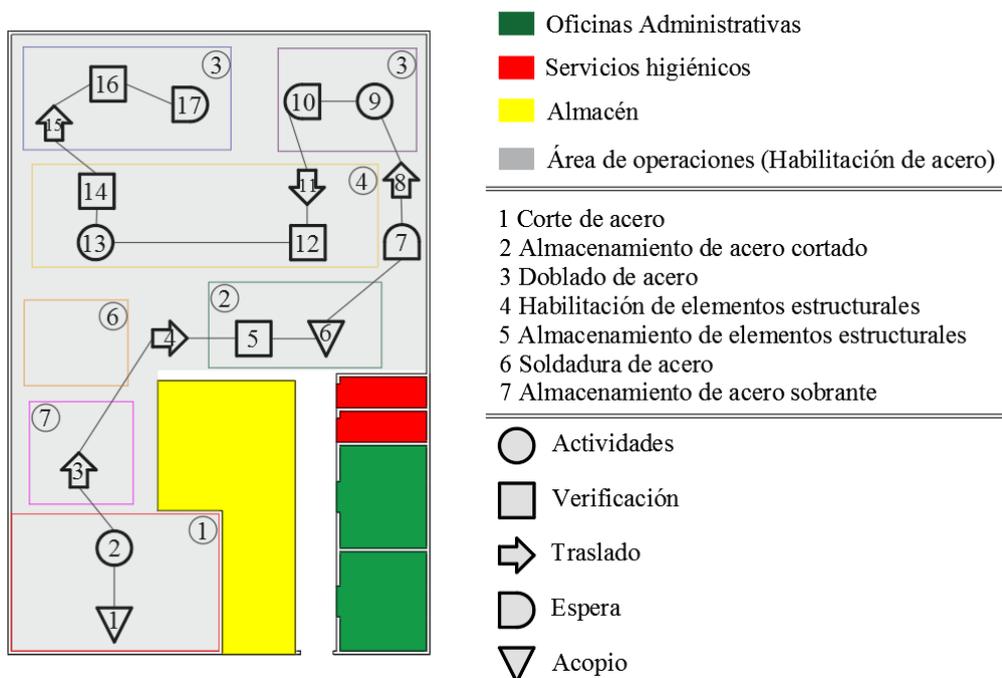
Una vez que se identificó el actual layout de la empresa se procedió a aplicar la metodología SLP el cual comenzó con la identificación y un análisis previo de las actividades más significativas para la empresa. La empresa presta servicios de obras civiles tales como apertura y mantenimiento de trochas carrozables, construcción de obras de arte, mantenimiento de colegios, postas, comisarias, entre otros. Es por ello que para presentar un mayor rendimiento al momento de realizar la ejecución de los proyectos requiere un espacio donde se habilite el acero de las diferentes estructuras que lo componen y almacenar materiales tales como cemento, acero, epp, equipos, máquinas y herramientas.

Desde la llegada del acero al almacén éste pasa una serie de procesos tales como cortado, doblado, verificación de medidas, armado del elemento estructural, almacenamiento del elemento estructural armado y acopio de acero sobrante cortado. Es por ello que se determinó un diagrama de recorrido con las diferentes actividades, inspecciones, traslados, esperas y acopios correspondientes que representa la habitación de acero las cuales son los siguientes:

1. Acopio de acero a cortar
2. Corte de acero
3. Traslado de acero sobrante
4. Traslado de acero cortado
5. Verificación de medidas de acero cortado
6. Acopio de acero cortado
7. Espera de requerimiento de acero cortado
8. Traslado de acero cortado a sección de doblado
9. Doblado de acero (Conformación de estribos)
10. Espera de requerimiento de acero doblado
11. Traslado de acero a sección de habitación de elementos estructurales
12. Verificación de medidas de estribos
13. Armado de elementos estructurales
14. Verificación de elementos estructurales
15. Traslado de elementos estructurales
16. Almacenamiento de elementos estructurales
17. Espera de requerimiento de elementos estructurales

Figura 4

Diagrama de recorrido para la habilitación de acero



Fuente: Elaboración propia

En resumen, para que se realice la habitación de acero de los diferentes elementos estructurales de determino que consta de 3 actividades, 3 verificaciones, 5 traslados, 3 esperas, 3 puntos de acopio.

Una vez que se llegó a conocer las diferentes etapas que conformar la habitación de acero y las áreas destinadas al almacenamiento de materiales, servicios higiénicos y oficinas administrativas. Como pre diseño para una adecuada distribución de planta se optó por mantener el área de almacenamiento de materiales, equipo, herramientas y una pequeña área para materiales tales como pinturas, resinas o cualquier otro material inflamable.

Así mismo a cada ambiente que conforma la habitación de acero de la empresa se agregó un pequeño estante designado a herramientas y materiales para realizar la actividad correspondiente como, por ejemplo: alambre, discos de corte, amoladora y herramientas de trabajo para que los operarios no tengan que ir hasta el almacén principal.

Una vez que se llegó a determinar las diferentes áreas y secciones de la actual distribución en planta de la empresa, se procedió a calcular el área correspondiente de cada ambiente para que se pueda realizar los trabajos de una adecuada manera y los colaboradores puedan desplazarse sin inconvenientes. Para determinar el área necesaria se llevó en base al método que indica (Núñez, 2014) para determinar el área necesaria para cada actividad correspondiente a la habitación de acero de la empresa.

De acuerdo al actual layout de la empresa y reconsiderando algunas medidas para una mayor comodidad, se requiere de 300.00 m² y el área disponible con el que se cuenta para el almacén general es de 216.00 m², a esto se tiene que sumar un porcentaje que permita una flexibilidad de distribución pensando en un futuro a que la empresa crezca y tenga mayor actividad y se tenga que adquirir nuevos equipos y máquinas y almacenar más cantidad de materiales.

Se consideró un porcentaje de flexibilidad del 40% del área mínima necesaria.

Tabla 3

Porcentaje de flexibilidad y área mínima requerida

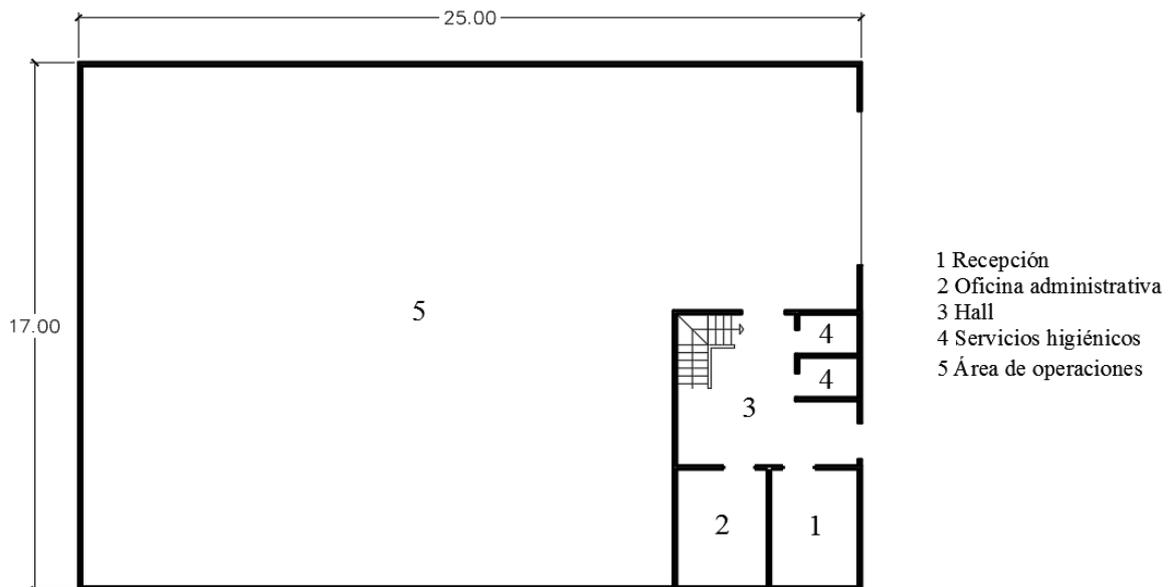
Área Mín. (m ²)	Área Mín. + 20% (m ²)	Área Mín. + 30% (m ²)	Área Mín. + 40% (m ²)	Área Mín. + 50% (m ²)
300.00	360.00	390.00	420.00	450.00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al área mínima considera más un 40% de flexibilidad se conversó con el gerente para que vea conveniente este aumento de área mínima, obteniendo una superficie de 25.00 x 17.00 m., lo que daría un área total de 425.00 m², también se modificó la fachada del establecimiento; parte del área designada para la recepción de los clientes estará en la parte interior del establecimiento; la parte de la recepción que se encontrará al interior del establecimiento ocupa un área de 54.00 m², por lo queda un área de operaciones disponible de 371.00 m².

Figura 5

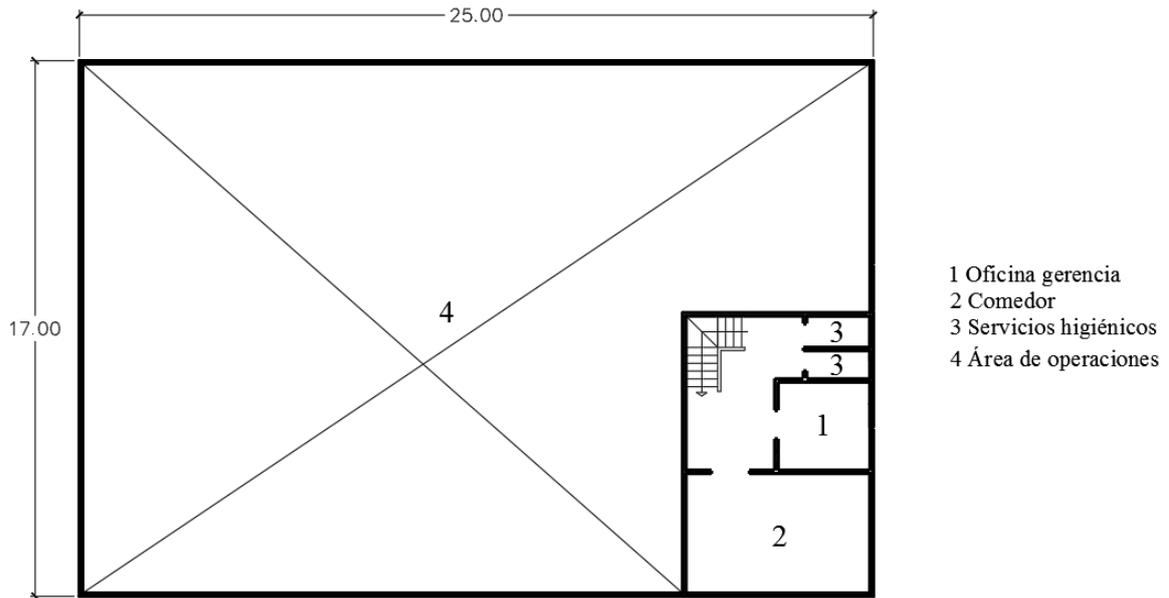
Nuevo diseño de distribución de planta para la empresa, primer piso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Nuevo diseño de planta de distribución de la empresa, Segundo piso.



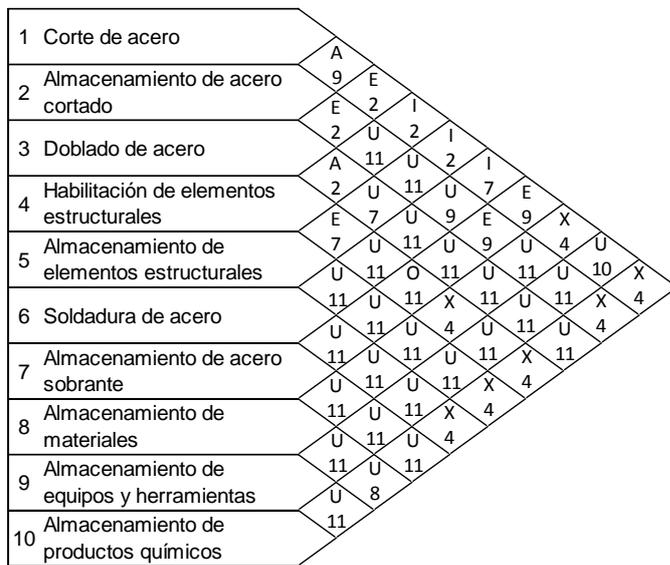
Fuente: Elaboración propia

Una vez que se llegó a determinar el área mínima necesaria y saber que es un área disponible con la que se puede llegar a contar para construir una nueva planta de distribución, se procedió a realizar en función a una encuesta con los trabajadores un diagrama de relación de actividades; esto se realizó con el fin de obtener un diagrama de distribución de planta el cual sea lo más real y objetivo posible. Esto se llevó a cabo mediante una entrevista semiestructurada a seis colaboradores de la empresa constructora incluido el gerente; en la entrevista realizada no se consideró al personal administrativo debido al poco conocimiento sobre el funcionamiento de la parte de almacenamiento, distribución y parte operativa de la empresa.

De las entrevistas que se realizaron se llegó a realizar una comparación de las respuestas y se pudo realizar un diagrama final el cual se presenta a continuación en la figura 7.

Figura 7

Diagrama de relación de actividades



Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin Importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación del material
2	flujo de proceso productivo
3	Uso de la misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba de inspección
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

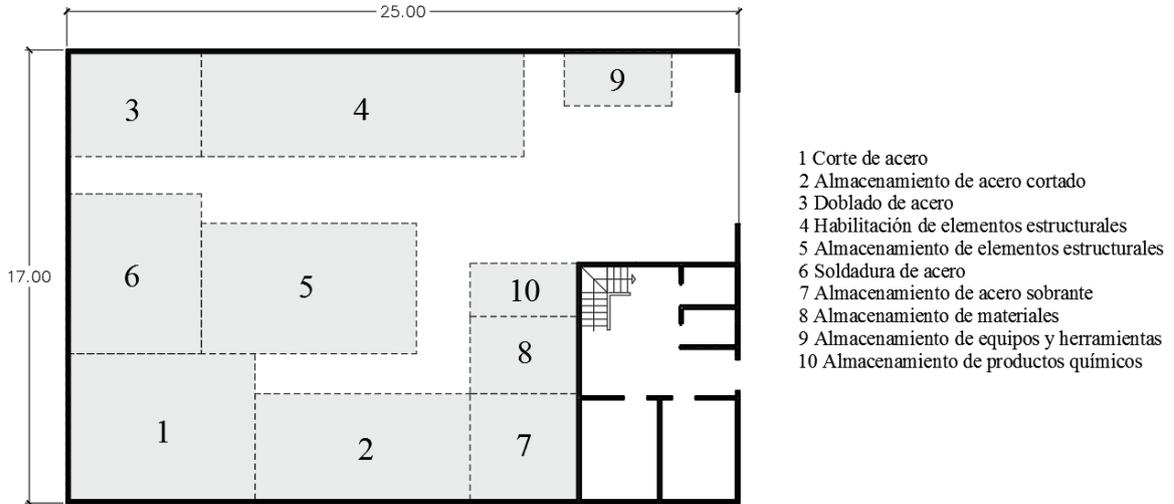
Fuente: Elaboración propia en base a (Pacheco,2008)

Posterior a que se obtuvo el diagrama de relación de actividades entre las diferentes áreas que conforman distribución de planta de la empresa, se realizó mediante prueba y error realizando un tanteo a las áreas de trabajo las cuales se fueron ajustando en ancho y largo para que de esta forma se cuente con áreas de forma cuadrática que permitan realizar múltiples opciones de layout.

Teniendo las medidas que conforman cada área de la empresa y ayuda del diagrama de relación de actividades se generó mediante prueba y error dos opciones de layout, mediante el criterio de que las áreas que tengan una relación de tipo "A" deben ir siempre juntas y las de tipo "X" deberán de encontrarse lo más alejado posible. En las figuras 8 y 9 se puede apreciar las dos opciones de layout que se obtuvo gracias al método SLP.

Figura 8

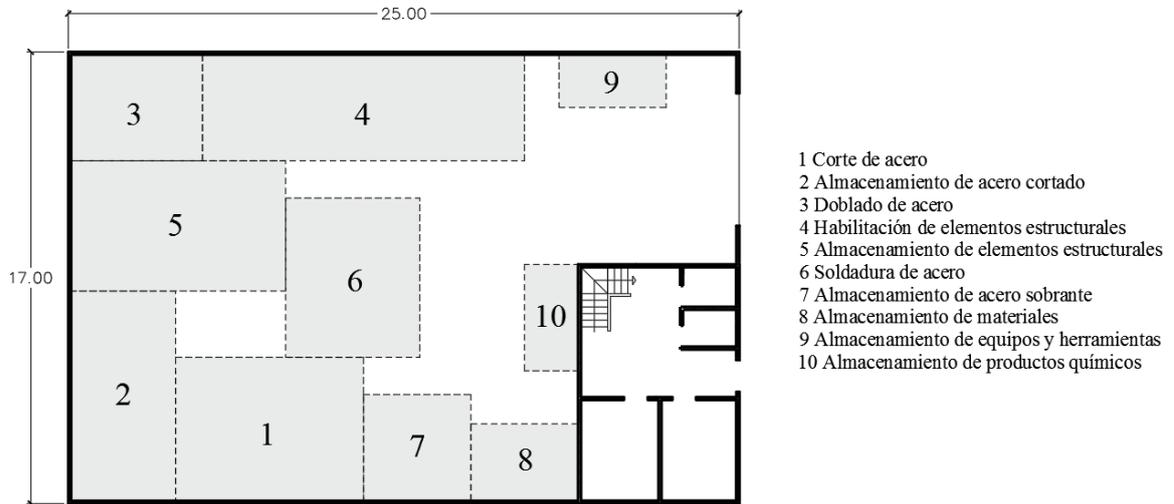
Propuesta número uno de distribución de planta mediante metodología SLP.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9

Propuesta número dos de distribución de planta mediante metodología SLP.



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se llegó a determinar las dos opciones de layout aplicando la metodología SLP, se inició como segunda actividad la aplicación del algoritmo CORELAP, el cual es un software computacional.

A continuación, se presenta la ventana de inicio del programa y su funcionamiento:

Figura 10

Ventana de inicio de software computacional COREALP 01



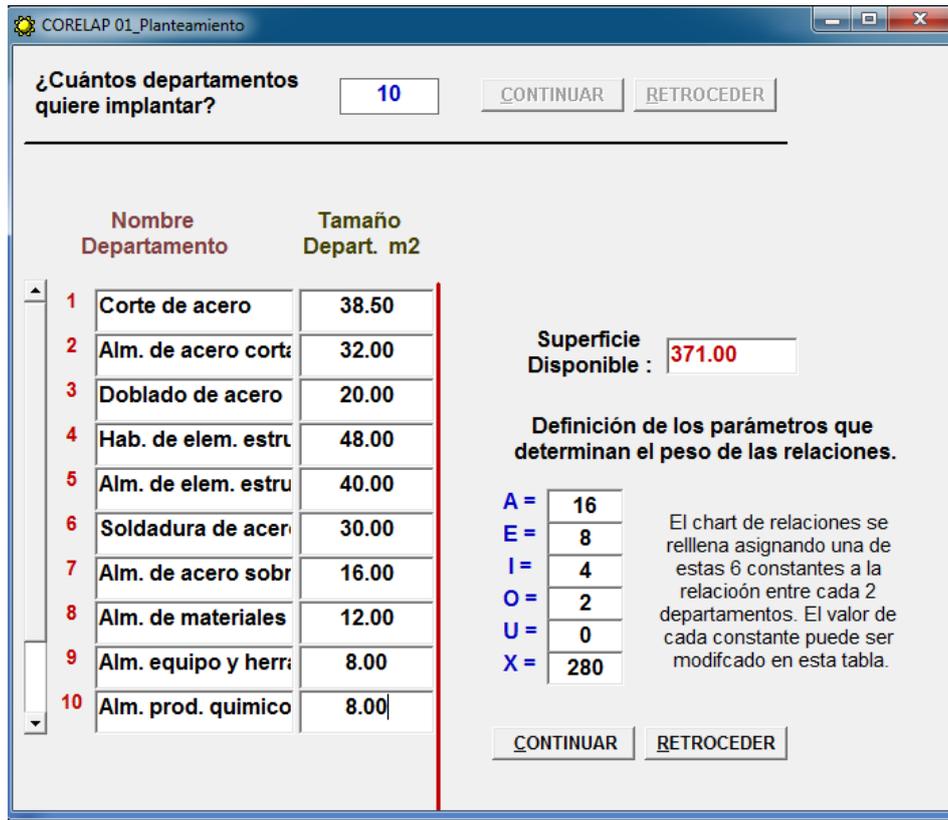
Fuente: Software CORELAP 01

Una vez que se inició el programa se procedió a crear un nuevo proyecto dando clic en “Nuevo”, posteriormente el software abrió una nueva ventana en donde se ingresó el número total de ambientes así como el área de cada uno de ellos, la superficie disponible, los pesos numéricos que se le asignó a cada relación de actividades.

Para la primera propuesta se utilizó los pesos numéricos que indica el autor Chase (2009), los pesos de relación de actividades asignados fueron: A=16, E=8, I=4, O=2, U=0 y X=280.

Figura 11

Ventana "Planeamiento" del software computacional COREALP 01, Propuesta 1

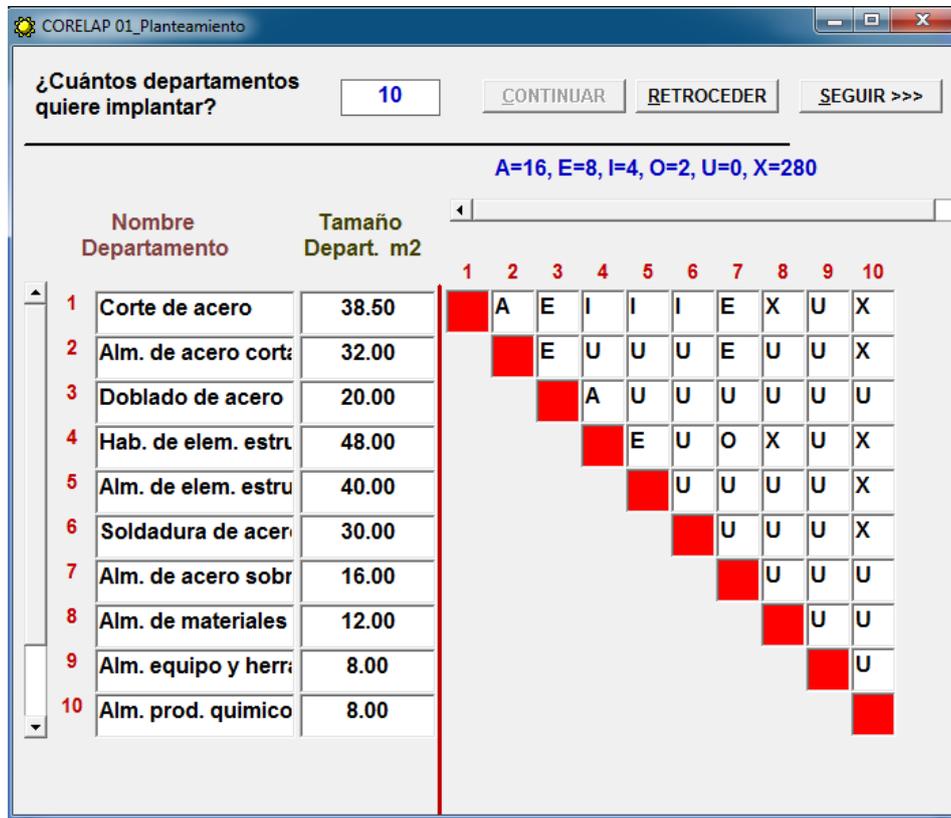


Fuente: Software COREALP 01

Posterior a ingresar la información solicitada por el software computacional se procedió a continuar para que se habrá otra ventana en donde se tiene que ingresas la relación que existe entre las diferentes áreas que conforma la planta de distribución las cuales se determinaron el en diagrama de relación de actividades.

Figura 12

Ventana “Planeamiento” del software computacional COREALP 01, con relación de actividades.

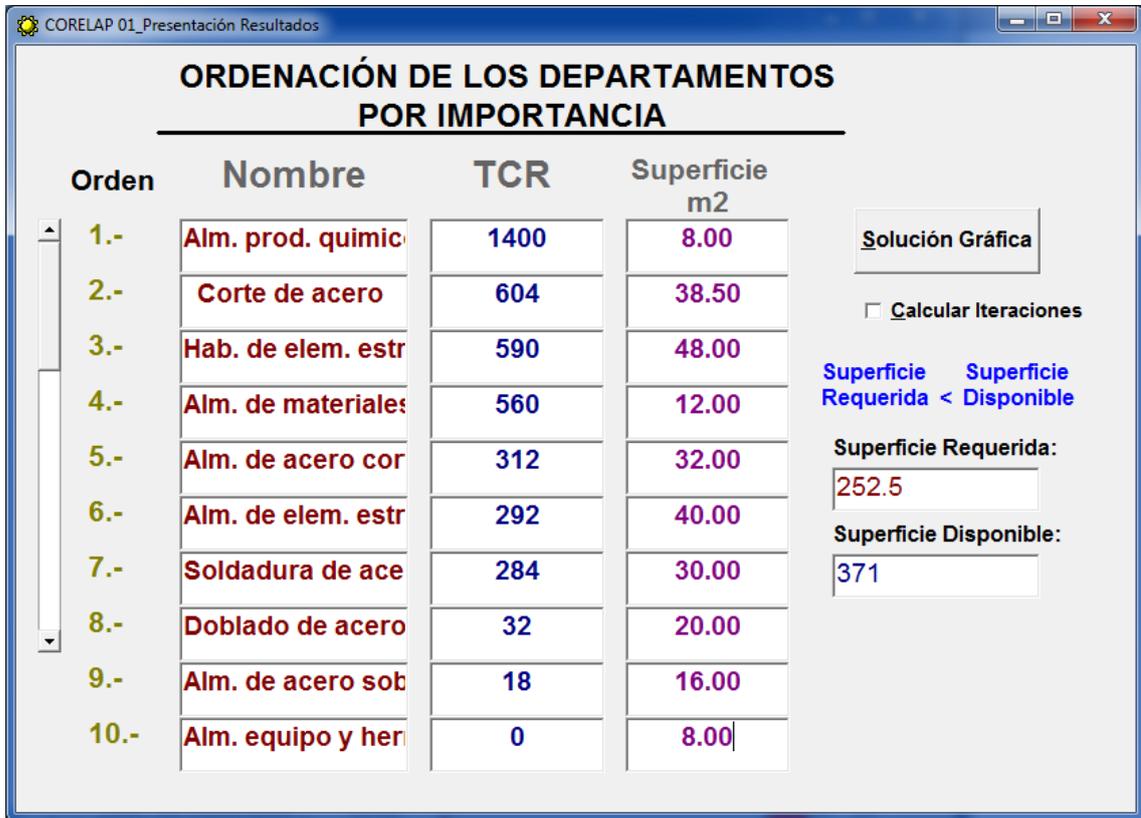


Fuente: Software COREALP 01

Luego que se llegó a ingresar la información solicitada por el software computacional se procedió a seguir, en donde abre una nueva ventana con todos los datos que se ingresaron anteriormente los cuales fueron: Ambientes de trabajo con su respectiva superficie y la superficie disponible para que el programa pueda determinar el TCR de cada área de trabajo.

Figura 13

Ventana "Presentación de resultados" del software computacional COREALP 01, propuesta 01.



The screenshot shows a window titled "COREALP 01_Presentación Resultados". The main content is a table titled "ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA". The table has four columns: "Orden", "Nombre", "TCR", and "Superficie m2". The rows are numbered 1 to 10. To the right of the table, there are several controls: a "Solución Gráfica" button, a checkbox for "Calcular Iteraciones", and two text boxes for "Superficie Requerida" (252.5) and "Superficie Disponible" (371). A status message "Superficie Requerida < Superficie Disponible" is also present.

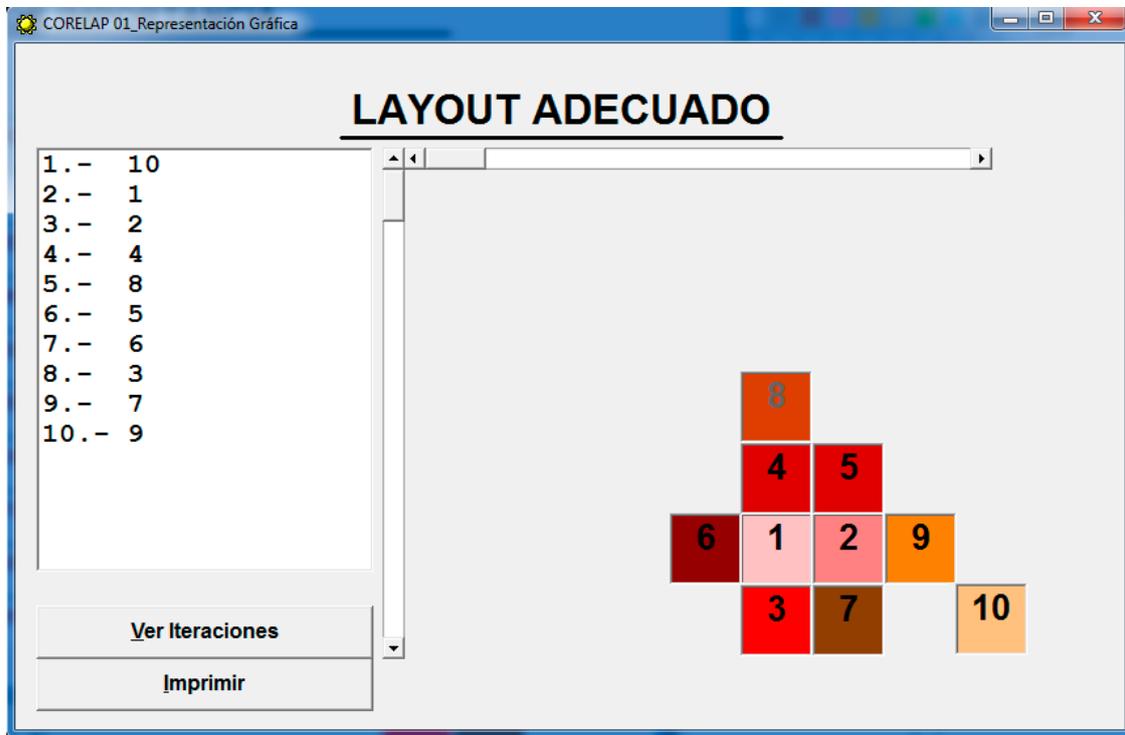
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Alm. prod. quimico	1400	8.00
2.-	Corte de acero	604	38.50
3.-	Hab. de elem. estr	590	48.00
4.-	Alm. de materiales	560	12.00
5.-	Alm. de acero cor	312	32.00
6.-	Alm. de elem. estr	292	40.00
7.-	Soldadura de ace	284	30.00
8.-	Doblado de acero	32	20.00
9.-	Alm. de acero sob	18	16.00
10.-	Alm. equipo y her	0	8.00

Fuente: Software COREALP 01

Una vez que se llegó a corroborar los datos que se ingresaron se procede a tener la solución gráfica, para lo cual el programa desplego una representación gráfica de un adecuado layout para el algoritmo, por lo cual se obtuvo de esta forma la opción número uno desarrollado por el algoritmo COREALP.

Figura 14

Ventana "Representación gráfica" del software computacional COREALP 01, propuesta 01.



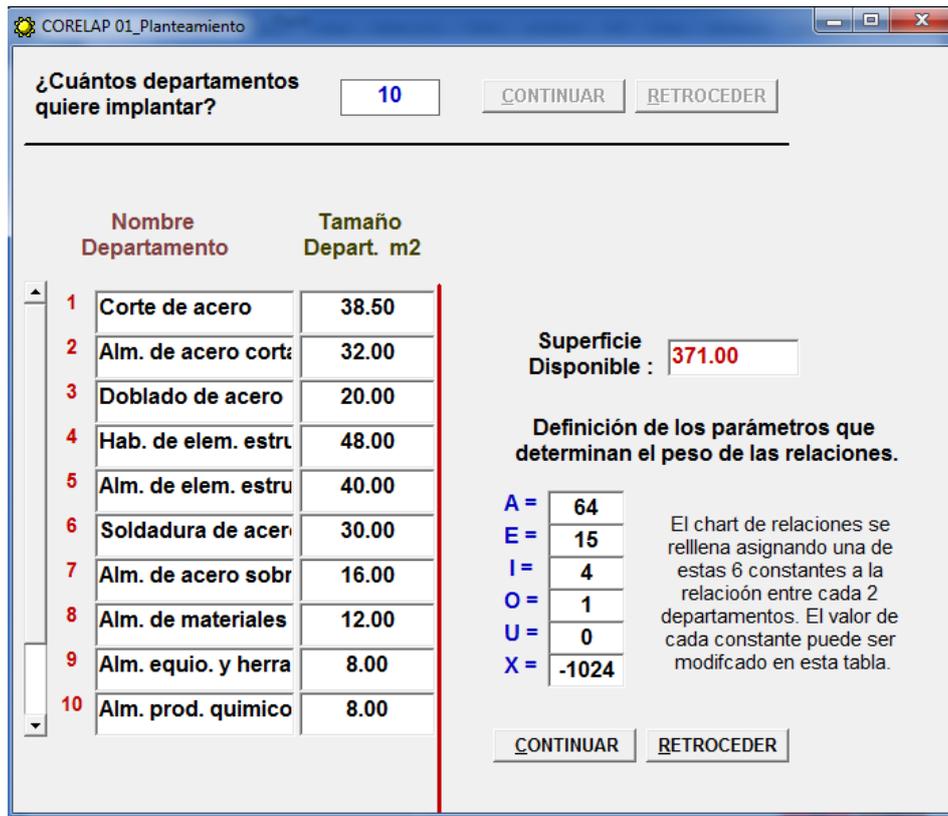
Fuente: Software COREALP 01

De esta forma se logró conseguir la primera propuesta con COREALP; una vez determinado el layout se prosiguió a desarrollar la segunda propuesta de distribución utilizando COREALP para lo cual se cambió únicamente los pesos numéricos de la relación de actividades. Para esta propuesta se llegó a utilizar los pesos numéricos propuestos por Segura (2010) quien indica lo siguiente: A=64, E=16, I=4, O=1, U=0 y X=-1024.

Con estos pesos numéricos se procedió nuevamente a digitar las diferentes secciones con sus respectivas áreas, así como el área total con el que se dispone y la relación que existe entre estas.

Figura 15

Ventana "Planeamiento" del software computacional COREALP 01, Propuesta 02.



¿Cuántos departamentos quiere implantar? CONTINUAR RETROCEDER

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Corte de acero	38.50
2	Alm. de acero corta	32.00
3	Doblado de acero	20.00
4	Hab. de elem. estru	48.00
5	Alm. de elem. estru	40.00
6	Soldadura de acer	30.00
7	Alm. de acero sobr	16.00
8	Alm. de materiales	12.00
9	Alm. equio. y herra	8.00
10	Alm. prod. quimico	8.00

Superficie Disponible :

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

A =
E =
I =
O =
U =
X =

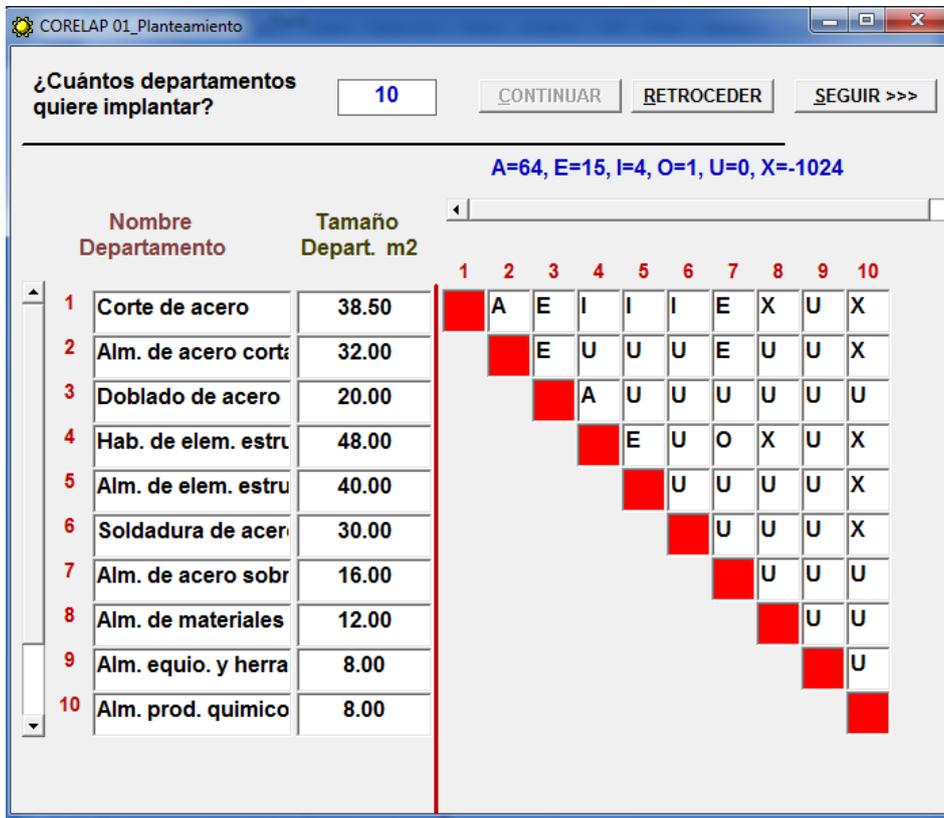
El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

CONTINUAR RETROCEDER

Fuente: Software COREALP 01

Figura 16

Ventana “Planeamiento” del software computacional COREALP 01, con relación de actividades, propuesta 02



Fuente: Software COREALP 01.

Posterior a que se ingresó nuevamente la relación de actividades, el programa desplego la presentación de resultado en donde se pudo apreciar los nuevos TCR correspondientes a la propuesta 2 utilizando el algoritmo COREALP.

Figura 17

Ventana "Presentación de resultados" del software computacional COREALP 01, propuesta 2.



The screenshot shows a window titled "COREALP 01_Presentación Resultados". The main content is a table titled "ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA". The table has four columns: "Orden", "Nombre", "TCR", and "Superficie m2". The data is as follows:

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Doblado de acero	94	20.00
2.-	Alm. de acero sob	31	16.00
3.-	Alm. equio. y herr	0	8.00
4.-	Alm. de acero cor	-930	32.00
5.-	Alm. de elem. estr	-1005	40.00
6.-	Soldadura de ace	-1020	30.00
7.-	Corte de acero	-1942	38.50
8.-	Hab. de elem. estr	-1964	48.00
9.-	Alm. de materiales	-2048	12.00
10.-	Alm. prod. quimic	-5120	8.00

To the right of the table, there is a control panel with the following elements:

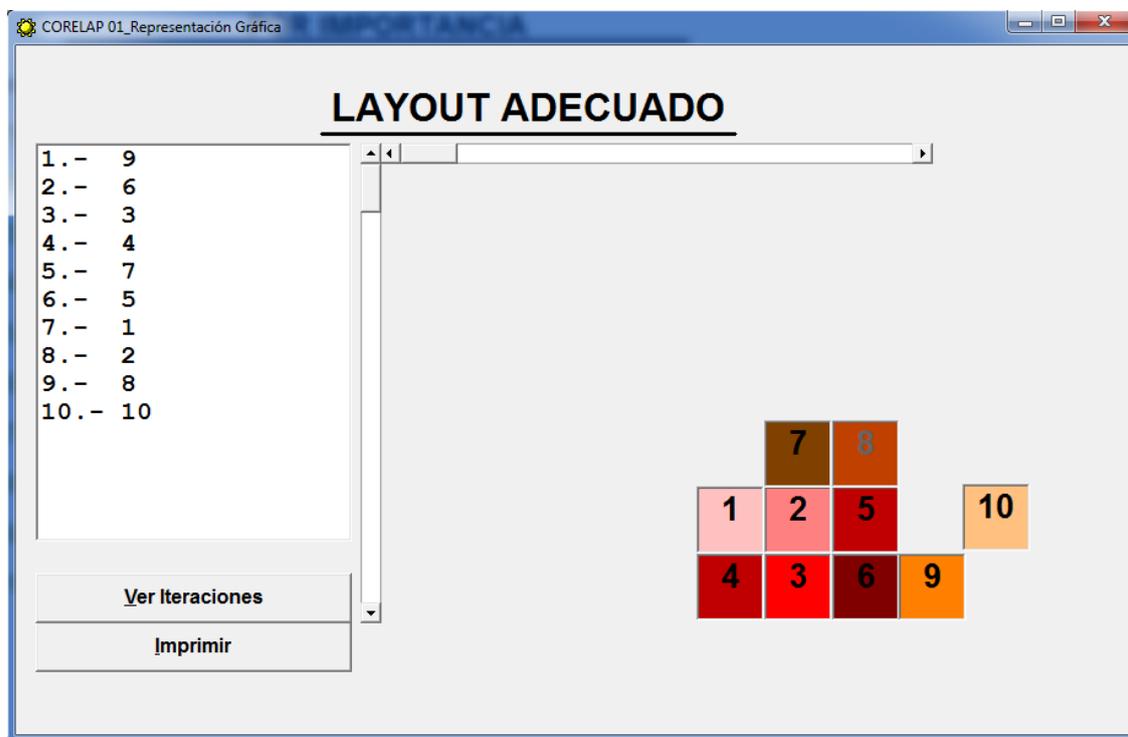
- A button labeled "Solución Gráfica".
- A checkbox labeled "Calcular Iteraciones" which is currently unchecked.
- Text indicating "Superficie Requerida < Superficie Disponible".
- A label "Superficie Requerida:" followed by a text input field containing the value "252.5".
- A label "Superficie Disponible:" followed by a text input field containing the value "371".

Fuente: Software COREALP 01.

Finalmente, una vez que se llegó a determinar los TCR correspondientes de la propuesta 2 se procedió a realizar la solución grafica para lo cual el programa abre una ventana con el layout de distribución para esta propuesta 2 con el algoritmo COREALP.

Figura 18

Ventana “Representación gráfica” del software computacional COREALP 01, propuesta 02.



Fuente: Software COREALP 01.

Una vez que se llegó a determinar las dos alternativas mediante el software computacional COREALP 01, se procedió a la aplicación del algoritmo ALDEP; debido a que no se halló el software computacional que pueda ejecutar este algoritmo, se procedió a realizar de forma manual. El ALDEP requiere datos de entrada iguales que los del algoritmo COREALP tales como el diagrama de relación de actividades entre secciones, áreas de las secciones de trabajo y criterio del TCR (Total Closeness Rating). Es así que para generar la primera propuesta por medio de este algoritmo se llegó a utilizar los mismos datos generados para la primera propuesta del COREALP.

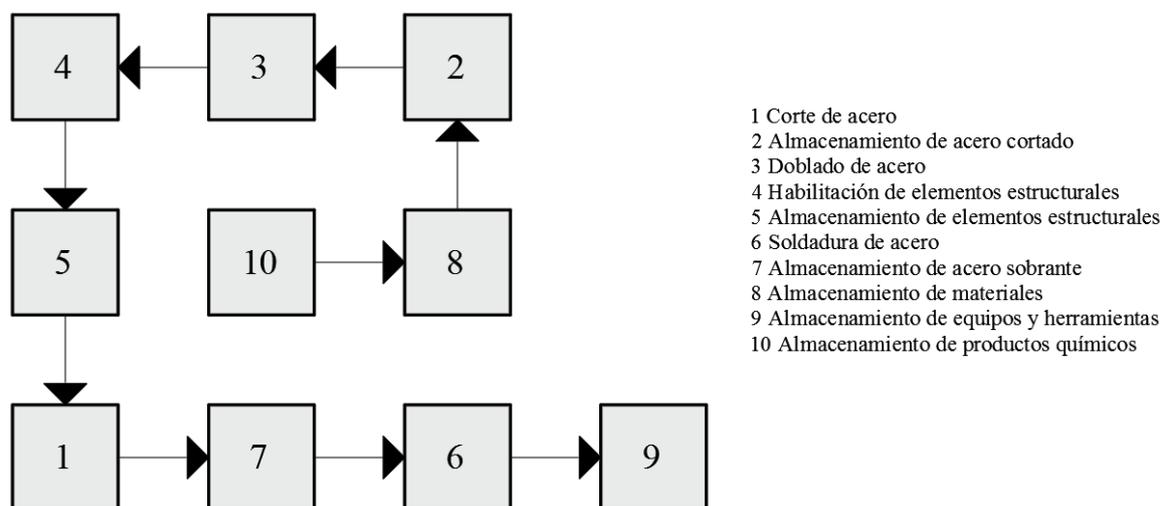
El procedimiento que se siguió para determinar la primera propuesta por este método algorítmico fue de la siguiente manera: se seleccionó el área que cuenta con un mayor TCR que fue el “Almacenamiento de productos químicos”, cuya sección se colocó al centro, luego se procedió a comparar las relaciones que existe con las demás secciones que se ubican a un lado del almacenamiento de productos

químicos. Para esta primera propuesta se identificó a las secciones con mayor afinidad es “almacenamiento de materiales”, “almacenamiento de acero cortado” y “doblado de acero” que cuentan con una relación de tipo “U”, por lo que, al existir un empate de afinidad, esto se resolvió mediante una comparación de los TCR lo cual ubica con mayor afinidad a la sección de almacenamiento de materiales. De esta forma se prosiguió comparando a la sección de almacenamiento de materiales con las demás secciones para poder determinar su afinidad por lo que se identifica a la sección de doblado de acero que es la sección con mayor afinidad a la sección de almacenamiento de materiales. Se continuo de la misma forma llegando a evaluar la última sección en entrar con las demás secciones restantes y de ser el caso que se genere un empate de sección con la misma afinidad, esto se llega a decidir con el mayor TCR.

A continuación, se presenta la sucesión de secciones obtenidas por el algoritmo ALDEP correspondiente a la primera propuesta por este método.

Figura 19

Orden de las secciones por medio de algoritmo ALDEP, Primera propuesta.

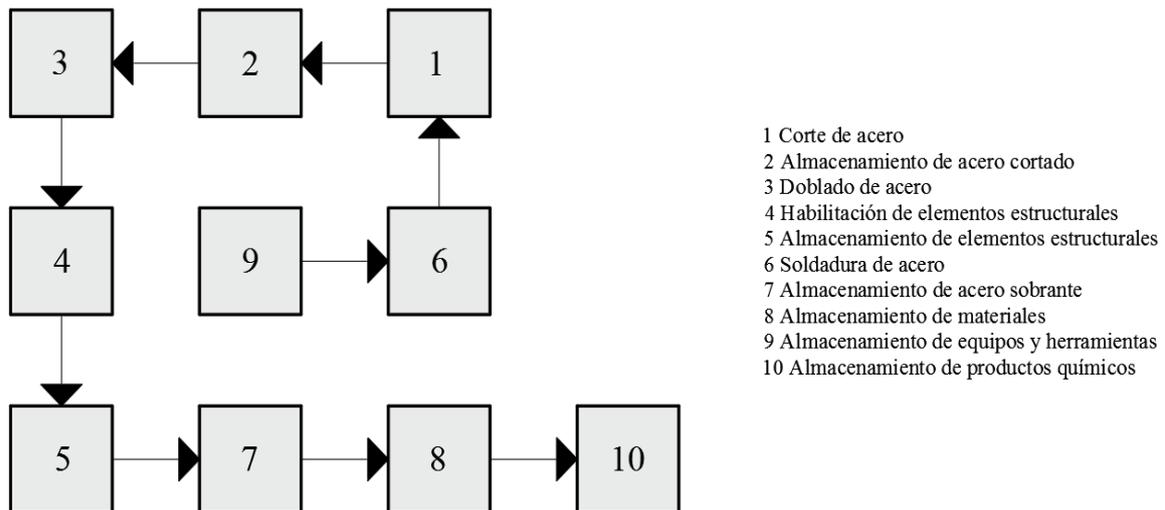


Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se realizó una segunda opción mediante el mismo algoritmo ALDEP. Los datos para su realización son los mismo que los utilizados en la segunda opción del algoritmo CORELAP.

Figura 20

Orden de las secciones por medio de algoritmo ALDEP, Segunda propuesta.

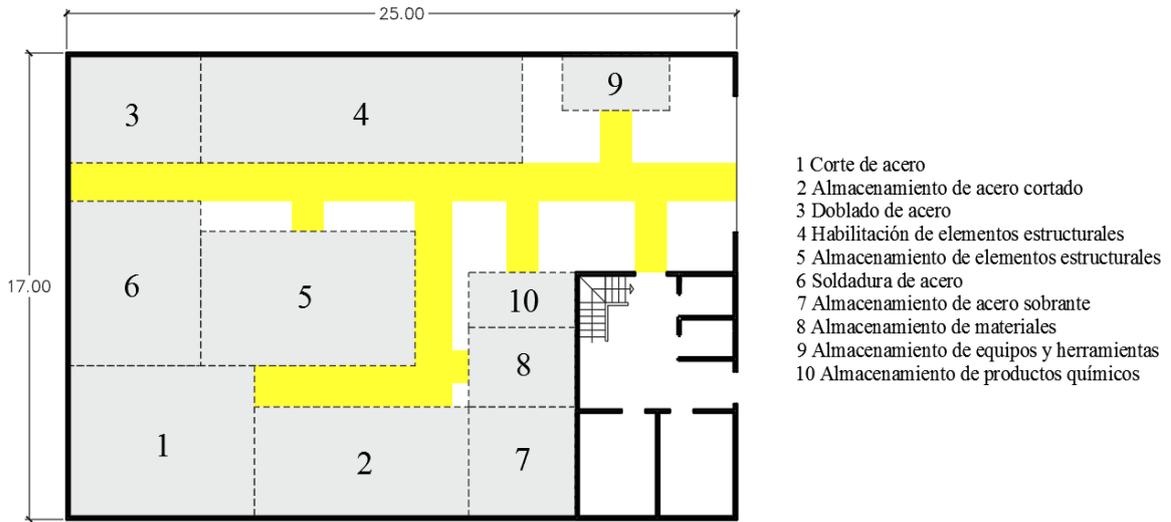


Fuente: **Elaboración propia.**

Antes de que se inicie a realizar una evaluación de las diferentes propuestas que se obtuvieron anteriormente de los algoritmos y metodología SLP, se estandarizo las alternativas para dar una forma a todas las secciones e incluir pasadizos. En la figura 21 y figura 22 se puede observar las dos distribuciones en planta que se llegaron a obtener mediante la metodología SLP mejoradas. Asi mismo se procedió a realizar un ajuste a los layout propuestos mediante el algoritmo CORELAP siendo ajustadas las secciones en forma, tamaño y agregando pasillos, ambas propuestas de pueden visualizar en la figura 23 y figura 24. Luego se realizó el mismo procedimiento con las propuestas del algoritmo ALDEP los cuales se detallan en la figura 25 y figura 26, en donde las secciones se ubicaron desde la esquina superior izquierda hacia abajo.

Figura 21

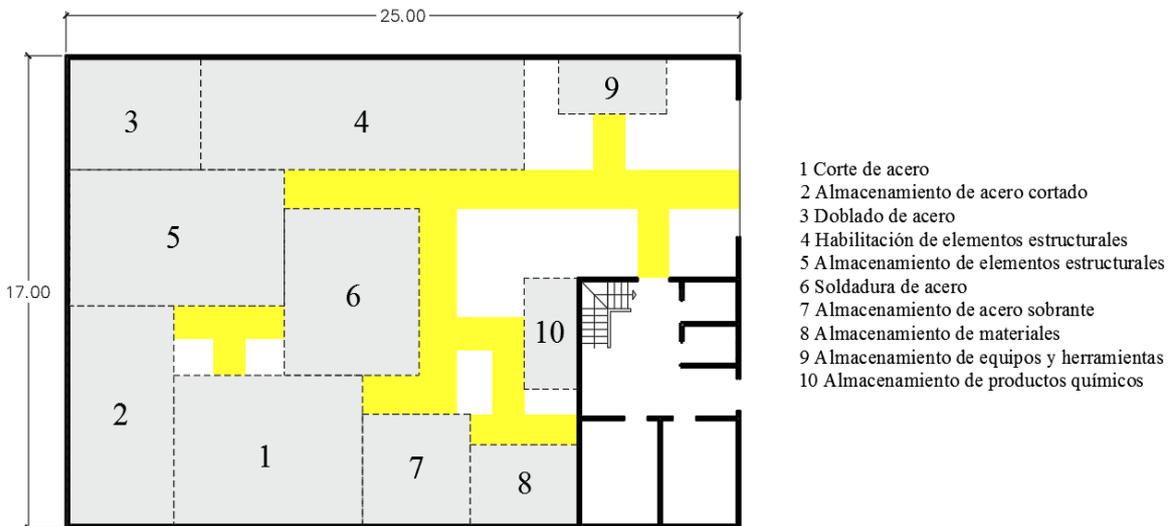
Alternativa SLP 01 Mejorada



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22

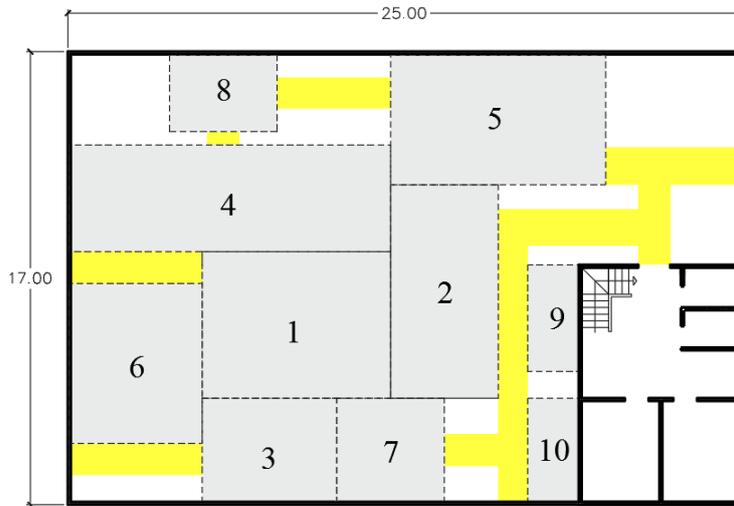
Alternativa SLP 02 Mejorada



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23

Alternativa CORELAP 01 Mejorada

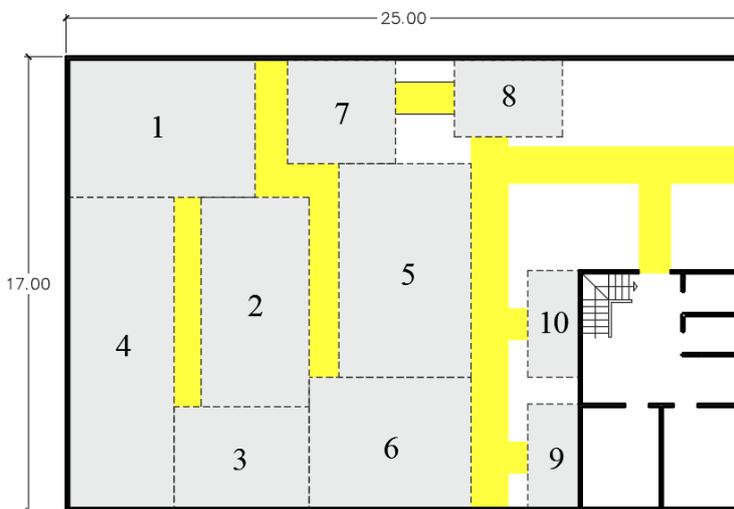


- 1 Corte de acero
- 2 Almacenamiento de acero cortado
- 3 Doblado de acero
- 4 Habitación de elementos estructurales
- 5 Almacenamiento de elementos estructurales
- 6 Soldadura de acero
- 7 Almacenamiento de acero sobrante
- 8 Almacenamiento de materiales
- 9 Almacenamiento de equipos y herramientas
- 10 Almacenamiento de productos químicos

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24

Alternativa CORELAP 02 Mejorada



- 1 Corte de acero
- 2 Almacenamiento de acero cortado
- 3 Doblado de acero
- 4 Habitación de elementos estructurales
- 5 Almacenamiento de elementos estructurales
- 6 Soldadura de acero
- 7 Almacenamiento de acero sobrante
- 8 Almacenamiento de materiales
- 9 Almacenamiento de equipos y herramientas
- 10 Almacenamiento de productos químicos

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se llegó a obtener las diferentes opciones de distribución de planta las cuales se llegaron a estandarizar, se procedió a analizar mediante el método multicriterio AHP para poder llegar a definir la mejor alternativa de las seis propuestas.

Esto inicio realizando un modelamiento jerárquico del problema en el cual se identifican los diferentes criterios, el foco del problema y las diferentes propuestas a evaluar. Para esta primera etapa el objetivo principal es seleccionar una adecuada distribución de planta para la empresa de forma que genere diversos factores productivos y brinde seguridad a los colaborados; posteriormente se definió los criterios de evaluación y una escala común la cual fue para todos los criterios considerados, finalmente las diferentes propuestas a evaluar son las que se lograron determinar anteriormente mediante la metodología SLP y algoritmo CORELAP y ALDEP.

A continuación, se presentan los detalles de los diferentes criterios empleados en la selección de la mejor propuesta para la distribución de planta:

Contaminación del proceso: Este criterio mide el grado de contaminación que puede llegar a generarse durante el proceso de habilitación de acero y almacenamiento de materiales y productos químicos.

Tabla 4

Indicadores de nivel de contaminación del proceso

Nivel de contaminación	Correlativo numérico
Nulo	5
Bajo	4
Medio	3
Alto	2
Excesivo	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Pacheco, 2008)

Aprovechamiento del área de la sección: en la evaluación de este criterio se midió el espacio que se utiliza en una determinada sección en porcentaje, cuyo criterio es el cociente entre el área ocupada y el área total de actividades, siendo 0.7 el nivel más alto de eficiencia a la hora de utilizar el espacio y mientras que el menos eficiente fue un valor de 1.0

Tabla 5

Indicadores de nivel de aprovechamiento de área

Nivel de aprovechamiento	Correlativo numérico
0.70 – 0.75	5
0.76 – 0.80	4
0.81 – 0.85	3
0.85 – 0.90	2
0.91 – 1.00	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Pacheco, 2008)

Flujo de principales trabajos: La evaluación de este criterio consiste en determinar la suma total de la distancia que recorren los colaboradores, dicho resultado final es expresado en metros.

Tabla 6

Indicadores de nivel de flujo de principales trabajos

Nivel de flujo	Correlativo numérico
200 – 250	5
251 – 300	4
301 – 350	3
351 – 400	2
401 – 500	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Pacheco, 2008)

Relación entre actividades: Para evaluar este criterio se tuvo en cuenta la valoración que se otorgan entre secciones y que se cumplan. Las actividades que cuentan con una valoración “A” deben de estar siempre juntas, las de valoración “E” deben estar en diagonal cómo mínimo, y las secciones que cuentan con una relación con valoración “X” deberán de estar lo más alejadas posible.

Tabla 7

Indicadores de nivel de relación entre actividades

Nivel de relación	Correlativo numérico
Total	5
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Muy bajo	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Pacheco, 2008)

Seguridad de los colaboradores: Este criterio midió el grado de seguridad así como la contaminación en las diferentes secciones del habilitado de acero y soldadura del mismo ya que dichas secciones no pueden estar cerca de la sección de almacenamiento de productos químicos, ya que podría provocar un incendio.

Tabla 8

Indicadores de nivel de seguridad de los colaboradores

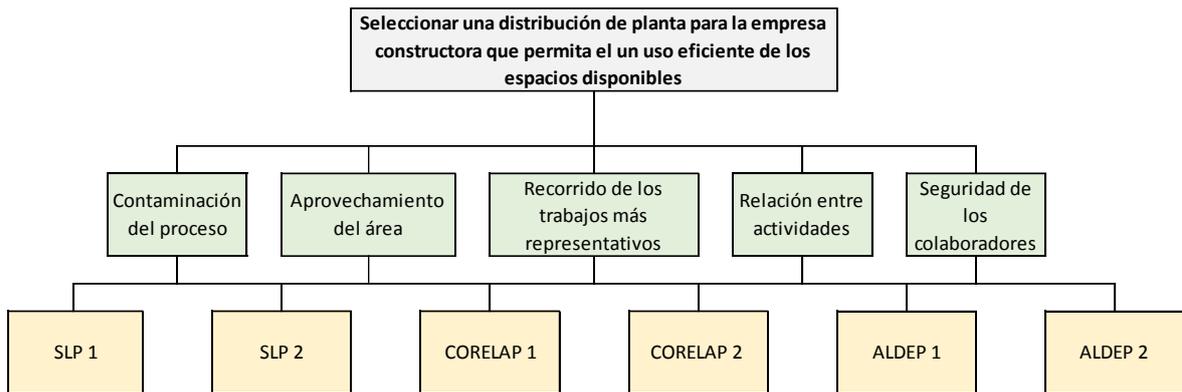
Nivel de seguridad	Correlativo numérico
Total	5
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Muy bajo	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Pacheco, 2008)

Posterior a detallar los diferentes criterios de evaluación, se identificaron las propuestas con las que se cuenta las cuales fueron: SLP 01, SLP 02, CORELAP 01, CORELAP 02, ALDEP 01, ALDEP 02. En el siguiente esquema jerárquico del problema se presenta el objetivo, criterios y propuestas:

Figura 27

Esquema jerárquico del problema



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se llegó a determinar el esquema jerárquico se procedió a la construcción de la matriz de prioridades entre los diferentes criterios en donde se realiza una comparación de cada criterio en donde se llegó a asignar una calificación del 1 al 5 y en otros casos el recíproco a esta relación. Como, por ejemplo, el criterio de contaminación del proceso tiene una calificación de 2 por sobre el recorrido de los trabajos más representativos, es decir que es más significativo. Caso contrario pasa con la relación entre contaminación del proceso y la seguridad de los colaboradores en donde la seguridad de los colaboradores es más significativa en 5 veces que la contaminación del proceso por lo que se califica como 1/5. (Pacheco, 2008).

A continuación, se presenta la tabla 8 en donde se pueden visualizar las diferentes calificaciones que se dieron a los criterios considerados.

Tabla 9

Matriz de prioridades entre criterios

Criterio	Contaminación del proceso	Aprovechamiento del área	Flujo de principales trabajos	Relación entre actividades	seguridad de los colaboradores
Contaminación del proceso	1	2	2	1/2	1/2
Aprovechamiento de área	1/2	1	2	1/3	1/3
Flujo de principales trabajos	1/2	1/2	1	1/3	1/4
Relación entre actividades	2	3	3	1	1/2
Seguridad de los colaboradores	2	3	4	2	1

Fuente: Elaboración propia

A partir de la valoración de juicios asignados a cada criterio tal cual se puede observar en la matriz de comparación de criterios, se llegó a determinar las correspondientes ponderaciones. Para que el desarrollo sea más simplificado se tuvo que transformar las fracciones a decimales.

Tabla 10

Prioridades entre criterios con valores decimales (Matriz simplificada)

Criterio	Contaminación del proceso	Aprovechamiento del área	Flujo de principales trabajos	Relación entre actividades	seguridad de los colaboradores
Contaminación del proceso	1.00	2.00	2.00	0.50	0.50
Aprovechamiento de área	0.50	1.00	2.00	0.33	0.33
Flujo de principales trabajos	0.50	0.50	1.00	0.33	0.25
Relación entre actividades	2.00	3.00	3.00	1.00	0.50
Seguridad de los colaboradores	2.00	3.00	4.00	2.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Luego se llegó a calcular el cuadrado de la matriz simplificada para sumar los elementos de cada fila. posterior a tener la sumatoria obtener la ponderación de criterio se divide la suma de cada fila con el sumatorio total. A continuación, se presenta la tabla de matriz de prioridades entre criterios.

Tabla 11

Cuadrado de matriz de prioridades entre criterios

Criterio	Contaminación del proceso	Aprovechamiento del área	Flujo de principales trabajos	Relación entre actividades	seguridad de los colaboradores
Contaminación del proceso	5.00	8.00	11.50	3.33	2.41
Aprovechamiento de área	3.33	5.00	7.33	2.25	1.58
Flujo de principales trabajos	2.41	3.75	5.00	1.58	1.08
Relación entre actividades	8.00	13.00	18.00	5.00	3.75
Seguridad de los colaboradores	11.50	18.00	24.00	7.33	5.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los diferentes criterios y sus ponderaciones:

- Contaminación del proceso: 0.1707 17.07%
- Aprovechamiento de área: 0.1100 11.00%
- Flujo de principales trabajos: 0.0780 7.80%
- Relación entre actividades: 0.2696 26.96%
- Seguridad de los colaboradores: 0.3716 37.16%

(Pacheco, 2008), Menciona que una vez determinada las ponderaciones de los criterios se tiene que verificar la consistencia de los juicios ingresados en la matriz de prioridades entre los diferentes criterios considerados. Para determinar esto, primeramente, se inicia con la aplicación de la siguiente formula:

$$n_{max} = V \times B$$

Donde:

n_{max} = Es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

V = es el vector de prioridades propios, de la matriz de comparaciones.

B = Es una matriz fila correspondiente a la sumatoria de los elementos de cada columna de la matriz de comparaciones.

Reemplazando los valores en la formula, se tiene:

$$n_{max} = (6.00 \ 9.50 \ 12.00 \ 4.16 \ 2.75) \times \begin{pmatrix} 0.1707 \\ 0.1100 \\ 0.0780 \\ 0.2696 \\ 0.3716 \end{pmatrix}$$

$$n_{max} = 5.085$$

Con la obtención de este valor se pudo determinar el índice de consistencia (CI):

$$CI = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

Donde:

n_{max} = Es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

n = Es la cantidad de columnas y filas de la matriz de comparaciones.

Reemplazando los valores en la formula, se tiene:

$$CI = \frac{5.085 - 5}{5 - 1}$$

$$CI = 0.0213$$

Finalmente se definió la relación de consistencia (RC) como:

$$RC = \frac{CI}{RI}$$

Donde:

RC = Relación de consistencia

CI = Índice de consistencia

RI = Índice aleatorio, dicho índice se obtiene de la siguiente tabla que está en función al tamaño de la matriz.

Tabla 12

Índice aleatorio por tamaño de matriz

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: Elaboración propia en base de (Pacheco, 2008)

Al tratarse de una matriz de orden 5x5 el valor del índice aleatorio para este caso es de 1.12.

Es así que el índice de relación de consistencia (RC) queda expresado de la siguiente forma:

$$RC = \frac{0.0213}{1.12}$$

$$RC = 0.01897$$

$$RC = 1.90\%$$

Como evidencia de un buen juicio informado se tiene que tener una relación de consistencia menor al 0.1 (10%), por consiguiente, no es necesario realizar una reevaluación de los juicios expresados en la matriz de comparaciones de criterios, dado que $1.89\% < 10.0\%$.

Luego de evaluar y verificar que los juicios considerados tienen una alta consistencia, se procedió a evaluar cada propuesta de distribución de planta en función a los criterios mencionados anteriormente.

Alternativa A: ALDEP 1

- Contaminación del proceso: (Nivel de contaminación: Alto; correlativo numérico: 2). La sección de corte de acero al no encontrarse en una de las esquinas hace difícil que se contenga los agentes contaminantes que genera esta actividad.
- Aprovechamiento del área: (Nivel de aprovechamiento: 0.82; correlativo numérico: 3). Este criterio tiene un coeficiente de relación de aprovechamiento de espacio de 82% por lo que se le asignó un correlativo numérico de 3.
- Flujo de principales trabajos: (Nivel de Flujo: 361 metros; correlativo numérico: 2) En este criterio se obtuvo un total de 341 metros de recorrido al momento de realizar la habilitación de acero.
- Relación entre actividades: (Nivel de relación: bajo; correlativo numérico: 2). En esta propuesta no se cumple la relación de actividades de tipo “E” ya que, la sección de corte de acero con la sección de almacenamiento de productos químicos, la cual establece que las secciones con este tipo de relación deben estar juntos y en diagonal. La sección de corte de acero tiene una relación de actividades de tipo “X” con la sección de almacenamiento de productos químicos lo que indica que dichas secciones deberían de estar lo más alejadas que se pueda.
- Seguridad de los colaboradores: (Nivel de seguridad: Medio; Correlativo numérico 3). Esta propuesta presenta un nivel de seguridad medio dado que la sección de corte de acero y el almacenamiento de productos químicos deben de estar lo más alejado posible dado que se puede generar algún tipo de incendio al interior del almacén. Así mismo la acción de corte de acero puede liberar partículas peligrosas para la salud de los colaboradores.

Alternativa B: ALDEP 2

- Contaminación del proceso: (Nivel de contaminación: Medio; correlativo numérico: 3). La sección de corte de acero se encuentra cerca de la sección almacenamiento de elementos estructurales lo que generaría que el polvillo caiga sobre los elementos estructurales y genere una oxidación temprana.

- Aprovechamiento del área: (Nivel de aprovechamiento: 0.86; correlativo numérico: 2). Este criterio tiene un coeficiente de relación de aprovechamiento de espacio de 86% por lo que se le asignó un correlativo numérico de 2.
- Flujo de principales trabajos: (Nivel de Flujo: 378 metros; correlativo numérico: 2) En este criterio se obtuvo un total de 378 metros de recorrido al momento de realizar la habilitación de acero.
- Relación entre actividades: (Nivel de relación: Medio, Correlativo numérico: 3). El nivel de relación que existe entre las secciones en esta propuesta es muy bajo, dado que las secciones de almacenamiento de acero cortado y la sección de almacenamiento de productos químicos están cerca y entre estas dos secciones existe una relación de tipo "X" lo que indica que estas secciones deberían de estar lo más alejadas posible.
- Seguridad de los colaboradores: (Nivel de seguridad: Muy bajo; Correlativo numérico 1). La sección de corte de acero no se encuentra en una esquina por lo que genera que se emitan partículas y no se puedan controlar adecuadamente presentando un riesgo para la salud de los colaboradores de las demás secciones que se encuentren habilitando el acero, así mismo la sección de corte de acero se encuentra adyacente con la sección de soldadura de acero por lo que esto podría ocasionar que se genere algún tipo de incendio.

Alternativa C: CORELAP 1

- Contaminación del proceso: (Nivel de contaminación: Medio; correlativo numérico: 3). La sección de corte de acero se encuentra cerca de la sección almacenamiento de elementos estructurales lo que generaría que el polvillo caiga sobre los elementos estructurales y genere una oxidación temprana.
- Aprovechamiento del área: (Nivel de aprovechamiento: 0.85; correlativo numérico: 2). Este criterio tiene un coeficiente de relación de aprovechamiento de espacio de 85% por lo que se le asignó un correlativo numérico de 2.

- Flujo de principales trabajos: (Nivel de Flujo: 326 metros; correlativo numérico: 3)
En este criterio se obtuvo un total de 326 metros de recorrido al momento de realizar la habilitación de acero.

- Relación entre actividades: (Nivel de relación: Muy Bajo; correlativo numérico: 1).
El nivel de relación que existe entre las secciones en esta propuesta es muy bajo, dado que las secciones corte de acero, almacenamiento de acero cortado y almacenamiento de acero sobrante tienen una relación de tipo “E” la cual no cumple con el criterio de distribución de relación entre actividades para para este tipo.

- Seguridad de los colaboradores: (Nivel de seguridad: Bajo; Correlativo numérico 2).
La sección de acorte de acero y soldadura se encuentran muy cercanas por lo que se puede generar algún tipo de explosión e incendio que pondría en peligro la integridad de los colaboradores así mismo por la ubicación de la sección de corte de acero hace que sea difícil poder controlar el polvillo de acero que esta actividad emite pudiendo dispersarse por todo el almacén.

Alternativa D: CORELAP 2

- Contaminación del proceso: (Nivel de contaminación: Medio; correlativo numérico: 3).
La sección de corte de acero se encuentra cerca de la sección almacenamiento de elementos estructurales lo que generaría que el polvillo caiga sobre los elementos estructurales y genere una oxidación temprana.

- Aprovechamiento del área: (Nivel de aprovechamiento: 0.90; correlativo numérico: 2).
Este criterio tiene un coeficiente de relación de aprovechamiento de espacio de 90% por lo que se le asignó un correlativo numérico de 2.

- Flujo de principales trabajos: (Nivel de Flujo: 362 metros; correlativo numérico: 2)
En este criterio se obtuvo un total de 362 metros de recorrido al momento de realizar la habilitación de acero.

- Relación entre actividades: (Nivel de relación: Bajo; correlativo numérico: 2).
El nivel de relación que existe entre las secciones en esta propuesta es bajo, dado que las secciones corte de acero, almacenamiento de acero cortado y

almacenamiento de acero sobrante tienen una relación de tipo “E” la cual no cumple con el criterio de distribución de relación entre actividades para para este tipo.

- Seguridad de los colaboradores: (Nivel de seguridad: Bajo; Correlativo numérico 2). La sección de acorte de acero y soldadura están ubicadas en una posición en donde se hace poco complicado controlar el polvillo lo que hace que los colaboradores de las otras secciones se vean afectados por esto.

Alternativa E: SLP 1

- Contaminación del proceso: (Nivel de contaminación: Bajo; correlativo numérico: 4). En esta propuesta la contaminación que puede generar el proceso es bajo ya que la sección de corte de acero se encuentra aislada a un extremo de la distribución de planta lejos de los almacenes.

- Aprovechamiento del área: (Nivel de aprovechamiento: 0.84; correlativo numérico: 3). Este criterio tiene un coeficiente de relación de aprovechamiento de espacio de 84% por lo que se le asignó un correlativo numérico de 3.

- Flujo de principales trabajos: (Nivel de Flujo: 396 metros; correlativo numérico: 2) En este criterio se obtuvo un total de 396 metros de recorrido al momento de realizar la habilitación de acero.

- Relación entre actividades: (Nivel de relación: Alto; correlativo numérico: 4). El nivel de relación que existe entre las secciones en esta propuesta es alto, dado que las secciones con relaciones de actividades de tipo “A” se encuentra juntas y las de tipo “X” lo más alejado posible.

- Seguridad de los colaboradores: (Nivel de seguridad: Alto; Correlativo numérico 4). La seguridad de los colaboradores, medio ambiente y calidad de trabajo se considera como total dado que las secciones de corte de acero están ubicadas en una esquina facilitando el control de los contaminantes encontrarse apegados a la pared.

Alternativa F: SLP 2

- Contaminación del proceso: (Nivel de contaminación: Medio; correlativo numérico: 3). El proceso de habitación de acero puede sufrir un nivel medio de contaminación, dado la sección de soldadura se encuentra junto al de almacenamiento de elementos estructurales.
- Aprovechamiento del área: (Nivel de aprovechamiento: 0.90; correlativo numérico: 2). Este criterio tiene un coeficiente de relación de aprovechamiento de espacio de 90% por lo que se le asignó un correlativo numérico de 2.
- Flujo de principales trabajos: (Nivel de Flujo: 388 metros; correlativo numérico: 2) En este criterio se obtuvo un total de 388 metros de recorrido al momento de realizar la habitación de acero.
- Relación entre actividades: (Nivel de relación: Medio; correlativo numérico: 3). El nivel de relación que existe entre las secciones en esta propuesta es alto, dado que las secciones con relaciones de tipo "A" se encuentra una al lado de la otra y las de tipo "X" lo más alejadas entre sí, así mismo solo no se cumplen algunas relaciones de tipo "I".
- Seguridad de los colaboradores: (Nivel de seguridad: Medio; Correlativo numérico 3). La seguridad que presenta esta propuesta es alta ya que al estar la sección de soldadura lejos del almacenamiento de productos químicos esto evita que se genere algún incendio dentro de las instalaciones del almacén, pero aun así la sección de corte de acero se encuentra cerca de la sección de soldadura.

Una vez que se llegó a evaluar las diferentes alternativas según los criterios de evaluación se procedió a realizar la multiplicación de los valores obtenidos para cada propuesta con las ponderaciones de los criterios anteriormente determinados, una vez multiplicados se llegaron a sumar para obtener así el ranking de alternativas y escoger la mejor poseída. A continuación, se presenta la tabla 12 en donde se llegó a obtener la ponderación final de las diferentes alternativas de layout.

Tabla 13

Comparación de alternativas con el método AHP

Criterios	Notas						Ponderador	Ponderación					
	ALDEP 1	ALDEP 2	CORELAP 1	CORELAP 2	SLP 1	SLP 2		ALDEP 1	ALDEP 2	CORELAP 1	CORELAP 2	SLP 1	SLP 2
Contaminación del proceso	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	0.1707	0.3414	0.5122	0.5122	0.5122	0.6829	0.5122
Aprovechamiento del área	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	0.1100	0.3301	0.2201	0.2201	0.2201	0.3301	0.2201
Flujo de principales trabajos	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	0.0780	0.1560	0.1560	0.2341	0.1560	0.1560	0.1560
Relación entre actividades	2.00	3.00	1.00	2.00	4.00	3.00	0.2696	0.5392	0.8087	0.2696	0.5392	1.0783	0.8087
Seguridad de los colaboradores	3.00	1.00	2.00	2.00	4.00	3.00	0.3716	1.1149	0.3716	0.7433	0.7433	1.4866	1.1149
							Nota Final	2.4817	2.0687	1.9792	2.1707	3.7339	2.8119
							Ranking	3	5	6	4	1	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Ranking de las alternativas de distribución de planta

Alternativa	Nota Final	Ranking
SLP 1	3.7339	1
SLP 2	2.8119	2
ALDEP 1	2.4817	3
CORELAP 2	2.1707	4
ALDEP 2	2.0687	5
CORELAP 2	1.9792	6

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se llegó a obtener como resultado final mediante la aplicación del método multicriterio AHP, la mejor propuesta de entre todas las evaluadas para la distribución de planta y es la SLP 01 quien cuenta con una nota final de 3.7339 y la peor evaluada fue la alternativa ALDEP 2 con una nota final de 1.9792.

Una vez que se llegó a determinar la adecuada distribución de planta para las necesidades anteriormente descritas se procedió a dibujar la distribución de planta final con todos sus componentes, dicho layout final se adjunta en Anexos.

En la propuesta realizada se observa la debida delimitación de las secciones de las diferentes actividades, pasadizos y zonas de almacenamiento, disminuyendo de gran manera la acumulación de materiales, herramientas y equipos las cuales eran una problemática que actualmente tiene la empresa por lo cual mediante la propuesta planteada se permite que se tenga un mejor desplazamiento de los colaboradores los cuales cuentan con un espacio adecuado para realizar sus múltiples actividades sin presentar ninguna dificultad y riesgo.

Actualmente las actividades de habilitación de acero se llevan de un lado a otro y en muchas ocasiones en el mismo frente de trabajo lo que trae consigo que no se tenga una supervisión y verificaciones del mismo.

En la propuesta seleccionada se asigna una sección para el almacenamiento de dichos elementos para evitar su pronto deterioro así como una ubicación estratégica para que este alejada de las secciones de corte de acero y soldadura.

Así mismo en la propuesta seleccionada se agregan criterios de seguridad e higiene ya que la actual distribución de planta con el que se cuenta se ha ido formado de acuerdo a la experiencia del gerente y los operadores de almacén.

Finalmente, a continuación, se presenta un cuadro comparativo entre la actual situación de la distribución de planta y la propuesta generada en este proyecto la cual es mediante la implementación de la metodología SLP la cual se adaptó mejor a la realidad de la empresa.

Tabla 15

Cuadro comparativo de situación actual y la propuesta realizada SLP 1

Situación Actual	Propuesta
Bajo nivel de señalización en el lugar de trabajo	Señalización de advertencia, prohibición, obligación y salidas de emergencia.
Superficie del área de operaciones 160 m ²	Superficie del área de operaciones 317 m ²
Distribución en base a la experiencia.	Distribución en base a estudios y resultados de ingeniería.
Habilitación de elementos estructurales sin zona de almacenamiento.	Zonas de almacenamiento para los elementos estructurales armados.
Servicios higiénicos deficientes.	Servicios higiénicos adecuados como inodoro, lavamanos, duchas y casilleros.
Alta congestión de, equipos, herramientas y materiales en cualquier lado.	Distribución de espacios considerado secciones para descongestionar el flujo de materiales, equipos y herramientas.
Secciones de trabajos y pasillos sin delimitación.	Secciones de trabajo y pasillos bien delimitados y señalizados.
Productos químicos almacenados en cualquier lugar.	Sección especial de almacenamiento de productos químicos.
Nivel medio de riesgos.	Nivel bajo de riesgos.

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

La realidad problemática sobre la actual distribución de planta de la empresa constructora conllevó a plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿La empresa cuenta con una adecuada distribución de planta para el almacenamiento y distribución de sus materiales de construcción?, es por ello que se realizó una primera etapa que consistió en realizar un levantamiento de información que permita estudiar las causas de esta problemática y poder programar acciones correctivas es por ello que se inició con una entrevista a los operarios de almacén y con el gerente general de la empresa obteniendo como resultado de esta primera etapa una idealización de lo que sería la nueva planta de distribución.

Esto ayudó a tener una idea de lo que el gerente desea para su organización por lo que se procedió a conocer más a fondo el flujo de actividades para entender cómo es que funciona el almacenamiento y distribución de los diversos materiales de construcción. En la Figura 4 se presenta un diagrama de recorrido para la habilitación de acero en donde se puede apreciar todo el proceso desde el corte de acero hasta el almacenamiento final de los elementos estructurales armados, para ello todo este proceso tiene que pasar por 3 actividades, 3 verificaciones, 5 traslados, 3 esperas y 3 acopios para llegar al producto final.

De acuerdo a este levantamiento de información se pudo determinar el área mínima que fue de 305.20 m² a la cual se le consideró un 40% de flexibilidad, llegando a requerir un área de 427.50 m² lo que conllevó a presentar en la Figura 5 el nuevo diseño de distribución de planta para la empresa.

Toda esta etapa conllevó a realizar el primer objetivo específico que consistió en realizar un levantamiento para conocer la situación actual mediante una observación directa y entrevista con los operadores del almacén sobre la actual situación de la distribución de planta de la empresa constructora.

En una investigación realizada en función a la distribución de planta destaca la autora (Núñez, 2014) quien plantea que “La distribución de planta o layout consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de cualquier empresa”. esto consiste en identificar la mejor ubicación para las máquinas, herramientas, almacenes, pasillo, zonas de

descanso, oficinas, áreas de servicio, etc. De tal manera que se llegue a alcanzar los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Es por ello que si se cuenta con una buena distribución en planta deben tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como poder permitir una buena circulación de materiales, personas e información”.

Es por ello que, en función a lo mencionado por la autora, en el presente proyecto se busca dar una solución a la problemática planteada llegando a generar una adecuada distribución de planta que cumpla con el fin del diseño y se cumplan los objetivos y metas trazadas por la organización para que genere mayores ingresos y se pueda tener una mejor posición en el mercado competitivo.

Las propuestas de distribución de planta iniciaron con la elaboración de un diagrama de relación de actividades tal cual se muestra en la figura 7. En donde se pudo determinar la relación que existe entre las diferentes secciones, dicha relación se realizó mediante prueba y error llegando a realizar ajustes a lo largo y ancho de cada sección para que puedan estar dentro de la distribución de planta. Este diagrama permitió generar múltiples opciones de layout, dando así inicio con las dos primeras propuestas mediante la metodología SLP tal y como se muestra en la figura 8 y figura 9 respectivamente.

Como segunda actividad para determinar las propuestas de distribución de planta se utilizó el algoritmo CORELAP el cual es un software computacional al cual se le tiene que indicar el nombre de las distintas secciones, el área de cada sección, la superficie disponible y las ponderaciones correspondientes.; posterior a ello en la ventana de planeamiento se tiene que ingresar las relaciones que existe entre las diferentes secciones para que se pueda determinar los TCR (Radio total de proximidad) y en función a esto presentar la solución gráfica que el layout adecuado. Con esto se llegó a obtener las dos propuestas mediante algoritmo CORELAP.

Como tercera actividad para determinar las propuestas de distribución de planta se utilizó el algoritmo ALDEP, este algoritmo utiliza los mismos datos de entrada que el CORELAP.

La elaboración de estas propuestas dado que no se encontró el software computacional que ejecute el algoritmo se llegó a realizar de forma manual es por ello que con ayuda de los resultados del CORELAP se inició tomando el mayor TCR que fue la sección de almacenamiento de productos químicos, cuya sección se procedió a comparar las relaciones existentes en el diagrama de relación de actividades para lo cual para esta primera propuesta se identificó a las secciones con mayor afinidad las de “almacenamiento de materiales”, “almacenamiento de acero cortado” y “doblado de acero” que cuentan con una relación de tipo “U”, por lo que, al existir un empate de afinidad, esto se resolvió mediante una comparación de los TCR lo cual ubica con mayor afinidad a la sección de “almacenamiento de materiales”, se continuo de esta forma hasta poder ubicar las diez secciones que conforman la distribución de planta para así llegar a obtener las dos propuestas mediante algoritmo ALDEP.

Con esto se llegó a determinar seis posibles alternativas para proceder a la selección de la mejor propuesta que se adapte a las características de la empresa, las propuestas de distribución de planta se lograron determinar por completo y se muestran en las figuras 21 al 26.

Esto lleva a dar por realizado el segundo objetivo específico que consistió en generar opciones de distribución de planta aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y algoritmos tales como CORELAP y ALDEP.

En la investigación realizada en función a la aplicación de la metodología SLP destaca el autor (Del Río, 2003) quien señala que “el estudio de metodologías para el diseño de distribución en planta se produjo fundamentalmente en la década de los años 50, y entre sus autores destacan (Immer, 1950) y (Buffa, 1955). En el año 1961 (Muther, 1961) presenta “Systematic Layout Planning” que incorpora el flujo de materiales, y es común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.”

(Pérez, 2008) compara varias metodologías en su proyecto de investigación en la que resalta a la metodología SLP como la más aceptable y la que más comúnmente se utiliza para la resolución de problemas de distribución de planta.

De acuerdo a lo descrito por los autores en función a la gran aceptación de la metodología SLP se puede seguir con el proyecto de investigación ya que se llegó a tener buenos resultados al momento de realizar las propuestas de distribución de planta las cuales buscan ayudar a la empresa a mejorar su flujo y relación de actividades.

Así mismo para las propuestas de distribución de planta mediante algoritmo ALDEP (Leyva, 2013), indica que “Este método trabaja seleccionando una sección aleatoria y se ubica en el rincón izquierdo superior del layout, la siguiente sección escogida para ser localizada es una que tenga la calificación de cercanía mayor o igual a una relación de cercanía especificado por el usuario, con una selección aleatoria para la primera instalación”

Es así que se llegó a realizar las propuestas de distribución de planta mediante el algoritmo ALDEP llegando a obtenerlas satisfactoriamente.

Así mismo, en su trabajo de investigación (Leyva, 2013), menciona que “el CORELAP fue desarrollado por Lee & Moore en el año 1967. Indica también que este algoritmo utiliza las relaciones de cercanía de cada instalación para determinar una distribución”. Es por ello que, bajo esta definición, la sección con la calificación de cercanía más alta fue seleccionada y asignada al centro del área de operaciones de la distribución de planta, para que se pueda orientar la distribución de las secciones restantes.

Siguiendo esta idea del autor (Leyva, 2013), es que se pudo llegar a determinar las propuestas de distribución de planta mediante el algoritmo CORELAP los cuales con ayuda al software computacional se pudieron realizar y llegar a tener el layout para las dos propuestas. Este método es muy utilizado en diversos trabajos de investigación que cuentan con la problemática de una inadecuada distribución de planta y presenta buenos resultados al momento de ejecutar y poner en marcha ya que se optimiza espacios y se genera un mejor flujo de actividades así como también aumenta la seguridad hacia los trabajadores por contar una distribución de planta bien señalizada.

Es así que se llegó a cerrar esta etapa de elaboración de propuestas de distribución de planta llegando a obtener en total seis las cuales serán evaluadas mediante la técnica multicriterio AHP (Proceso de jerarquía analítica).

Una vez que se llegó a determinar las propuestas se procedió a realizar el análisis mediante el método multicriterio AHP para poder llegar a definir la mejor alternativa que se ajuste a la realidad problemática de la empresa para dar solución a la problemática que acontece.

Este método AHP inició realizado un modelamiento jerárquico el cual presento el problema y los diferentes criterios a evaluar así como las seis alternativas propuestas. Para el presente proyecto de investigación se consideró cinco criterios los cuales presentan un correlativo número que al final formaron una matriz de prioridades entre criterios los cuales fueron considerados a base de un juicio personal que consistió en realizar una comparación entre criterios y asignarle un correlativo numérico en función a la importancia que tiene un criterio sobre otro.

Una vez que se llegó a determinar la matriz de prioridades entre criterios se aplicó el cuadrado a la matriz el cual cuyos resultados se pueden apreciar en la tabla 10, de esta forma se pudo llegar a sumar los elementos de cada fila y para determinar la ponderación de cada criterio.

Con las ponderaciones determinadas se procedió a realizar la verificación de consistencia de los juicios ingresados para lo cual se utilizó una serie de fórmulas para que se permita conocer la relación de consistencia el cual fue de 2.70%; el método AHP indica que para que los juicios ingresados tengan una buena relación de consistencia este no debería exceder en un 10.00% por lo que para el presente proyecto de investigación no es necesario realizar una reevaluación de los juicios considerados en la matriz de comparaciones de criterios.

Finalmente, una vez evaluado y aprobados los criterios considerados se realiza la evaluación a cada propuesta asignándole un correlativo número, en la tabla 12 se presenta los correlativos numéricos para cada uno de los criterios de cada propuesta; estos correlativos numéricos se llegaron a multiplicar cada uno con el ponderador obtenido y que al sumarlos nos dio una nota final con el cual se realizó el ranking de propuestas.

De esta forma es que se llegó a determinar que la mejor propuesta de distribución fue realizada con la metodología SLP obteniendo así que la propuesta SLP 1 es la que mejor se adapta para dar solución a la problemática que acontece la empresa.

Es así que se llegó a resolver el tercer objetivo específico el cual consistió en determinar la mejor alternativa de distribución de planta mediante un análisis multicriterio con el método AHP.

El autor (Pacheco, 2008) expone que el método AHP es el más complejo y posee ciertas ventajas respecto a otros como por ejemplo que permite identificar los criterios discriminantes en la toma de decisiones, estructurar criterios y subcriterios de una jerarquía, determinar la importancia de cada criterio en términos de ponderadores y sintetizar toda esa información para tomar la mejor decisión.

Es así que se llegó a determinar la mejor alternativa de entre todas las propuestas realizada la cual fue la SLP 1, en base a teorías y trabajos previos se puede dar fe del resultado obtenido sabiendo que será de gran ayuda su implementación para dar solución a la problemática de la empresa.

Una vez determinada la propuesta se procedió a aplicar conceptos básicos de seguridad tales como una adecuada señalización, ubicación de extintores, pasillos, área de esparcimiento con la finalidad de generar un flujo de actividades más seguro para los colaboradores que son parte de la empresa constructora.

(Niebel, 2009) Indica que “el objetivo principal no es aumentar la producción a través de mejores condiciones de trabajo o del aumento de la moral del trabajador, sino específicamente reducir el número de acciones, los cuales dan como resultado la aparición de lesiones y la pérdida de bienes”

Finalmente, el desarrollo del proyecto de investigación dio como resultado una propuesta de distribución de planta la cual inicio con un levantamiento de información hasta llegar a la aplicación del método AHP para dar un peso a las propuestas y de esta forma se pueda resolver los actuales problemas de distribución de planta con los que cuenta la empresa y salvaguardar la seguridad de sus colaboradores aplicando en todo momento una mejora continua.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto de investigación se enfocó en implementar la metodología Systematic Layout Planning para generar una propuesta de distribución de planta, la cual se llegó a determinar, evaluar y seleccionar el layout más adecuado según el requerimiento de la empresa implementando también algunos criterios mínimos de seguridad para mejorar las condiciones de trabajo.

- 6.1. Al realizar el levantamiento de información se pudo observar que el flujo de materiales, equipos, herramientas y personal es inadecuado debido al poco espacio con el que actualmente se cuenta, es así que se logra identificar la problemática que afronta la empresa actualmente ya que, si se contaría con una adecuada superficie, las actividades se llevarían a cabo en su respectiva sección sin que se vea la necesidad de ocupar los pasadizos.
- 6.2. Se logró generar propuestas de distribución de planta aplicando la metodología SLP en el cual se realizó el replanteo de las secciones que conforman la habilitación de acero y almacenamientos, posterior a esto se aplicó los algoritmos COREALP y ALDEP para generar 2 propuestas por cada algoritmo obteniendo un total de seis propuestas, es así que se llegó a determinar que la aplicación de la metodología y algoritmos logran realizar una distribución de planta eficiente.
- 6.3. Se llegó a determinar la mejor alternativa de distribución de planta mediante un análisis multicriterio aplicando el método AHP, ya que es un método muy significativo a la hora de tener que decidir cuándo se tiene varias propuestas; es así que se llegó a determinar que la mejor propuesta de distribución es la SLP 1 con una nota final de selección de 3.7339
- 6.4. Una vez que se llegó a determinar y escoger la mejor propuesta de distribución de planta se procedió a aplicar criterios básicos de seguridad tales como señalización, ubicación de extintores, delimitaciones de secciones, etc. Todo ello con el fin de que las condiciones de trabajo mejoren para que los operadores se sientan seguros en un ambiente confortable de trabajo.

VII. RECOMENDACIONES

Con el desarrollo del presente proyecto de investigación y selección de la mejor propuesta de distribución de planta, se presenta las siguientes recomendaciones:

- La instalación de señalizaciones informativas, preventivas y de uso obligatorio deberían de ir acompañadas con programas de capacitaciones la cual este dirigida a los colaboradores que conforman la empresa, en la cual se llegue a explicar los riesgos y peligros que existen en el trabajo y las consecuencias de no utilizar los EPP's adecuadamente e ignorar la señalización de la zona de trabajo.
- Se debe de fortalecer y crear una cultura de prevención, orden y seguridad al interior de la organización con el fin de que las actividades se realizan correctamente y se puedan evitar accidentes laborales.
- Se recomienda que se respete y utilice de una manera adecuada las diferentes secciones de trabajo, para que se obtenga un funcionamiento eficiente de la propuesta de distribución de planta.
- Debido a que se generó una propuesta para una nueva distribución de planta y de llegar a ponerse en marcha realizar un estudio de ambiente sonoro para que se determine los niveles de ruido a los que están expuestos los colaboradores durante toda su jornada de trabajo y de esta forma se pueda decidir si es que se requiere el uso permanente o temporal del protector auditivo.

REFERENCIAS

- Ailing C. (2014). *Facility layout improvement using Systematic Layout Planning (SLP) and arena*. [Masters of Engineering]. Universiti Teknologi Malaysia.
- Arce, S. (2015). *Identificación de los principales problemas en la distribución en planta de la empresa constructora bogotana y propuesta de mejoras* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional - Pontificia Universidad Javeriana.
- Alor, E., y Aparicio, E. (2014). *Reducción de stock en los almacenes de repuestos en una empresa aplicando metodología six sigma* [Tesis de Maestría, Universidad UPC]. Repositorio institucional – Universidad UPC.
- Anaya, J. (2016). *Logística integral: la gestión operativa de la empresa*. (3^{ra} ed.) España: Editorial ESIC.
- Asaka, T. (2015). *Handbook o quality tools, Tecnologías de Gerencia y producción* S.A. Editorial ESIC.
- Ballou, R. (2017). *Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación.
- Bedor, D. (2016). *Modelo de distribución de planta para la optimización del proceso de bodega de producto terminado en la empresa industria ecuatoriana de cables INCABLE S.A. de la ciudad de Guayaquil* [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio institucional - Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Bunge, M. (2016). *La investigación científica*. Siglo XXI editores.
- Camero, C. (2015). *Análisis y mejora del proceso de suministros de MRO, Servicios CAPEX en la Empresa Siderúrgica del Perú* [Tesis de Maestría, Universidad UPC]. Repositorio institucional – Universidad UPC.
- Camisón, C., y Gonzáles, T. (2016). *Distribución de planta: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Pearson Educación.

- Castellanos, A. (2016). *Manual del transporte y distribución de mercancías*. Ediciones Uninorte.
- Chackelson, C. (2015) *Metodología de diseño de distribuciones de planta: Fases, herramientas y mejores prácticas* [Tesis de Doctorado, Universidad de Navarra]. Repositorio institucional - Universidad de Navarra.
- Chiavenato, I. (2016). *Introducción a la teoría general de la administración*. McGraw-Hill Education.
- Choquehuanca, H. (2018). *Distribución de almacén en una empresa constructora, Lima 2016 – 2017* [Tesis de Maestría, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional - Universidad César Vallejo.
- Cuervo, J. (2017). *Diagnóstico de la situación competitiva y del modelo de direccionamiento estratégico de almacén PARACELSO*. [Tesis de maestría, Universidad del norte]. Repositorio institucional – Universidad del norte.
- De la Cruz, C., y Lora, L. (2017). *Mejora en la distribución de planta e inventarios en la empresa molinera tropical*. Universidad del Pacifico.
- De la Rosa, A., y Dovale, P. (2015). *Optimización de los procesos de almacenamiento: Diseño de un sistema de gestión y control de inventario para la empresa ECA LTDA* [Tesis de Maestría, Universidad de Cartagena]. Repositorio institucional - Universidad de Cartagena.
- Espinosa, J., y Durand, A. (2017). *Propuesta de mejora de la distribución de planta con la construcción de módulos ocupacionales en empresa constructora*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional - Pontificia Universidad Javeriana.
- Evans. J., y Lindsay, W. (2018). *Administración y control de calidad*. Compañía de Cengage Learning.
- Francisco. L. (2019). *Análisis y propuestas de mejora de distribución de planta y de almacenamiento de materiales*. Universidad PUCP.

- Fernández, C. (2016). *Evaluación de la gestión de almacenes en la empresa municipal de servicios de agua potable y alcantarillado San Martín S.A., - 2016* [Tesis de Maestría, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional - Universidad César Vallejo.
- Flores, J. (2017). *Gestión del abastecimiento y ejecución presupuestal de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Periodo 2011 – 2015* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de San Martín.
- Galindo, A. (2013). *SLP: Una forma sencilla de analizar la distribución de planta física de una empresa*, 14(3): 1-4.
- Gómez, J. (2013). *Logistics and commercial management*. España: McGraw-Hill/Interamericana.
- Gómez, J. (2017). *Gestión logística y comercial*. McGraw-Hill Education.
- Gutiérrez, G. (2019). *Logística y distribución física*. McGraw-Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Investigation methodology (6ª ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Hurtado, Á., y Ortiz, J. (2018). *Diseño de un proceso de almacenamiento para una empresa distribuidora y comercializadora de productos para la construcción y el hogar ubicada en el municipio de Cali* [Tesis de Maestría, Universidad de San Buenaventura]. Repositorio institucional - Universidad de San Buenaventura
- Hurtado, I., y Toro, J. (2016). *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambios*. Editorial El Nacional.
- Ingeniería Civil Online (2017). *Herramientas para el ingeniero Civil en la distribución de Almacenes*. <https://www.ingenieriacivilonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-civil/gesti%C3%B3n-de-almacenes/dise%C3%B1o-y-layout-de-almacenes-y-centros-de-distribuci%C3%B3n/>

- Ishikawa, K. (2015) *¿Qué es control de calidad?* Modalidad Japonesa.
- Jaimes, L., y Zuñiga, C. (2014). *Proyecto de mejoramiento para los problemas de distribución de planta en Fujian Shan S.A.* [Tesis de Maestría, Universidad San Buenaventura]. Repositorio institucional - Universidad San Buenaventura.
- Katherine, A. (2014). *Propuesta de un plan de mejora para la actual distribución de planta en la empresa constructora JORDAN S.R.L. de la ciudad de Tumbes* (Tesis de Maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional - Universidad Privada Antenor Orrego.
- Logística (14 de marzo de 2016). *Estrategia para la competitividad de las Mype.* <http://www.eoi.es/blogs/madeon/2014/03/13/loistica-una-estrategia-para-la-competitividad/>
- Mauleón, M. (2019). *Sistema de almacenaje y picking.* Ediciones Díaz de Santos.
- Mendoza, W. (2016). *Optimización de la organización y funcionamiento de los almacenes de la administración nacional de electricidad.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Asunción]. Repositorio institucional – Universidad Nacional de Asunción.
- Mora, L. (2019). *Distribución de planta general.* Ecoe Ediciones.
- Mora, L. (2015). *Indicadores de la distribución de planta.* Ecoe Ediciones.
- Mora, L. (2014). Distribución de planta integral. *Las Mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*, 2(353), 01-20.
- Montes, F. (2017). *Análisis de la satisfacción del cliente y las buenas prácticas de al interior del almacén MARY S.C.R.L., Distrito de Juliaca, año 2016* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Antiplano]. Repositorio institucional - Puno, Perú.

- Monterroso, E. (2018). El proceso logístico y la gestión de la cadena de abastecimiento [Archivo PDF].
<http://www.ad1339.mediafire.com/dxsxso2q2chg/dmc51pcj8nlqe28/EI-proceso-logistico-y-la-gestion-de-la-cadena-de-abastecimiento-LibrosVirtuales.com.pdf>
- Ñaupas, H. (2016). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U.
- Pacheco, J. & Contreras (2016). Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Santiago de Chile. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
- Paz, R. (2018). *Canales de distribución, Gestión logística y comercial*. Lectorum-Ugerman.
- Pinheiro, O., & Breval, S. (2016). Una nueva definición de distribución de planta interna y forma de evaluar la misma. *Revista chilena de ingeniería*, vol. 25 N° 2, pp. 264-276.
- Porter, M. (2017). *Estrategia competitiva*. Editorial Cultural.
- Robbins, M. (2016). *Administration*. Pearson Education.
- Rozo, A. (2014). Gerencia logística. *Estrategia y Análisis en la cadena logística*. *Centro Editorial Esumer*, 1(112), 12-40.
- Sánchez, C. (2018) *Metodología y diseño de la investigación científica*. Universidad Ricardo Palma.
- Segura, A. (2016). *Aplicación de Layout a un despacho de administración de fincas*. Master en organización industrial y gestión de empresas. España Universidad de Sevilla.
- Sierra & Álvarez (2018). *Metodología de la investigación científica*. Editorial Trillas.

- Soto, J. (2016). *Como lograr ventajas competitivas en el sector construcción a través de una buena distribución de planta*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional – Universidad Nacional de Ingeniería.7
- Soret, I. (2016). *Logística y marketing para la distribución comercial*. Esic Editorial.
- Sumba, P. (2018). *Estudio de métodos modernos de almacenamiento y abastecimiento para una comercialización de productos cárnicos y propuesta de un plan de optimización a los puntos de distribución de corporación Fernández en la ciudad de Guayaquil* [Tesis para Maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional – Universidad Politécnica Salesiana.
- Urday, C., y Cebreros, P. (2017). *El layout y su influencia en la competitividad en la Pymes del Sector Construcción importadoras de maquinarias, equipos y herramientas del distrito Puente Piedra* [Tesis de Maestría, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio institucional – Universidad San Ignacio de Loyola.
- Vázquez, C. (2015). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora de la distribución de planta de una empresa del sector gráfico* [Tesis para Maestría, Universidad PUCP]. Repositorio institucional – Universidad PUCP.
- Vidarte, C. (2016). *Propuestas de una distribución de planta para optimizar el control de los inventarios en una empresa constructora, Corporación Vidarte S.A.C. – 2015* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Magrovejo]. Repositorio institucional – Universidad Católica Santo Toribio de Magrovejo.
- Viramontes, C. (2016). *Rediseño del sistema de distribución de un almacén* [Tesis para Maestría, Universidad de Sonora]. Repositorio institucional – Universidad de Sonora.
- Wiyaratn, W. (2013) Improvement Plant Layout Based on Systematic Layout Planning. *IACSIT International Journal of Engineering Technology*, 2(4), 42-48.

ANEXOS

ANEXO A. Matriz de operacionalización de variable

Variables de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala Valorativa
Metodología Systematic Layout Planning	Es una herramienta que permite una utilización eficiente de los recursos, organización de las áreas de trabajo y la optimización de los procesos, mayor nivel de competitividad y mejoramiento continuo (Muther, 1968)	Es aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes mediante una observación directa y entrevistas	Planificar	Precedencia de problemas	Ordinal
				Estudiar causas	
				Programar acciones correctivas	
			Hacer	Realizar acciones de mejora	
				Revisar la ejecución	
				Calcular los resultados	
			Verificar	Verificar resultados	
				Estudiar los resultados	
				interpretar los resultados	
			Actuar	Descubrir errores	
Registrar proceso					
Implementar mejoras para el desempeño					
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	La distribución en planta, se define como la ordenación física de los elementos que constituyen la empresa. Pero no solo se refiere a situar las máquinas, los bancos de trabajo, las estanterías, etc. (Prokopenko, 1989)	La distribución en planta consiste en planificar el equipo adecuado, junto con el lugar adecuado, para permitir la elaboración de una unidad de producto de la manera más eficaz, a la menor distancia posible y en el menor tiempo posible	Hacer	Elaboración de propuestas	Ordinal
				Diseño según SLP	
				Diseño según algoritmo CORELAP	
				Diseño según algoritmo ALDEP	
			Verificar	Verificación de criterios mediante AHP	
				Determinación de ponderaciones	
				Selección de mejores propuestas	
Comparación de situación actual y propuesta seleccionada					

ANEXO B. Instrumento de recolección de datos

ENTREVISTA DE RELACIÓN ENTRE SECCIONES

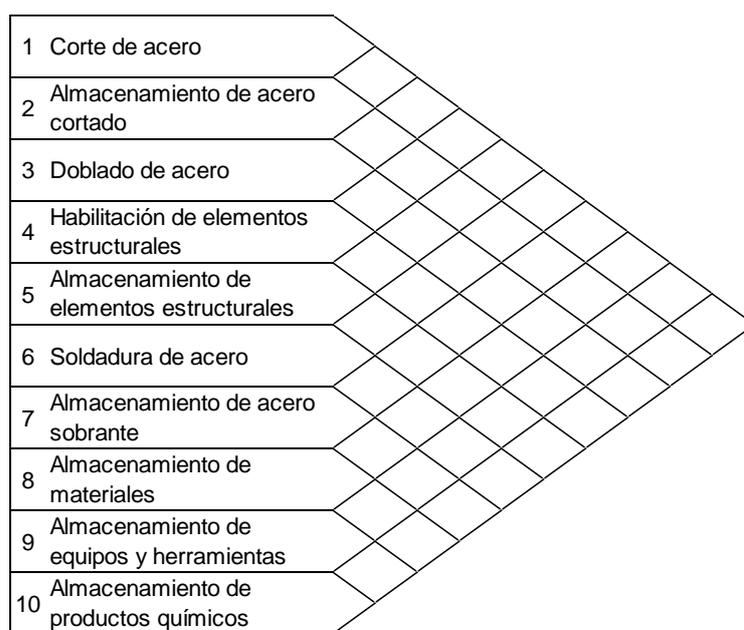
Nombre del informe de investigación: Implementación de la Metodología Systematic Layout Planning (SLP) para realizar una propuesta de distribución de planta. La Libertad – 2022

Empresa: JHAMEG CONSTRUCTORES S.A.C.

Autor: Erick Javier Guerrero Silva

Fecha: ____ de _____, 2022

Según su criterio y experiencia laboral ¿Qué valoración le asignaría a la relación entre secciones? ¿Por qué (Según tabla de justificación)?



Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin Importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación del material
2	flujo de proceso productivo
3	Uso de la misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba de inspección
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

Fuente: Elaboración Propia en base a Pacheco, (2008)

ANEXO C. Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : CORNEJO RODRÍGUEZ SHEYLA YULIANA
Institución donde labora : DOCENTE UNIVERSITARIO UPN, UCV, UNT
Especialidad : INGENIERA CIVIL
Instrumento de evaluación : Entrevista
Autor del instrumento : Ing. Erick Javier Guerrero Silva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde a los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: SLP en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legar inherente a la variable: DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad y motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL		48				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aceptable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido, puede ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

10 de Junio del 2021


Sheyla Y. Cornejo Rodriguez
ING. CIVIL
R. CIP: 132258

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : CALEB RÍOS VARGAS
Institución donde labora : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Especialidad : INGENIERO CIVIL
Instrumento de evaluación : Entrevista
Autor del instrumento : Ing. Erick Javier Guerrero Silva

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde a los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: SLP en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legar inherente a la variable: DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad y motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL		49				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aceptable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

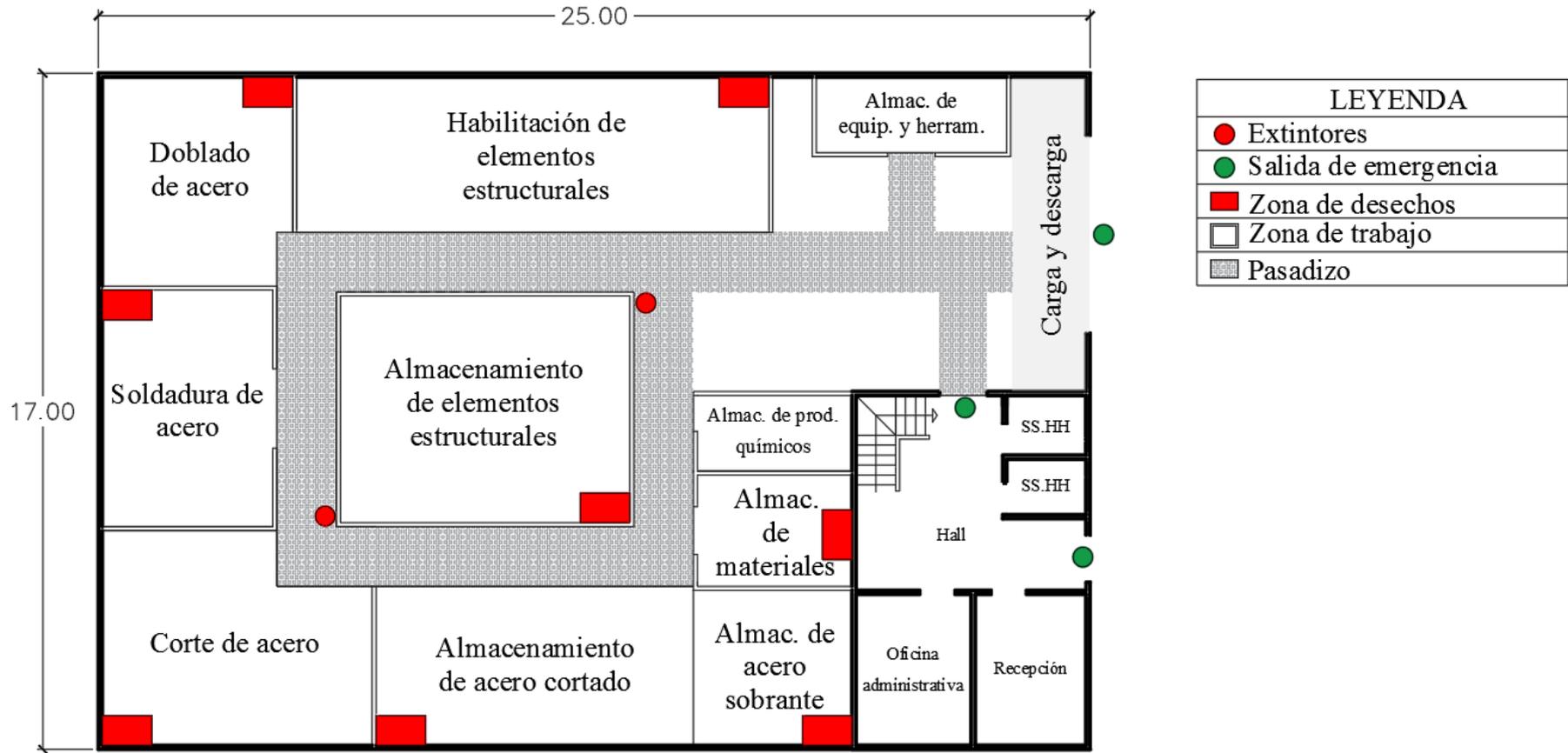
El instrumento es válido, puede ser aplicado _____

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 49

13 de Junio del 20


M. Sc. Ing° Caleb Ríos Vargas
INGENIERO CIVIL
REG CIP N° 65035

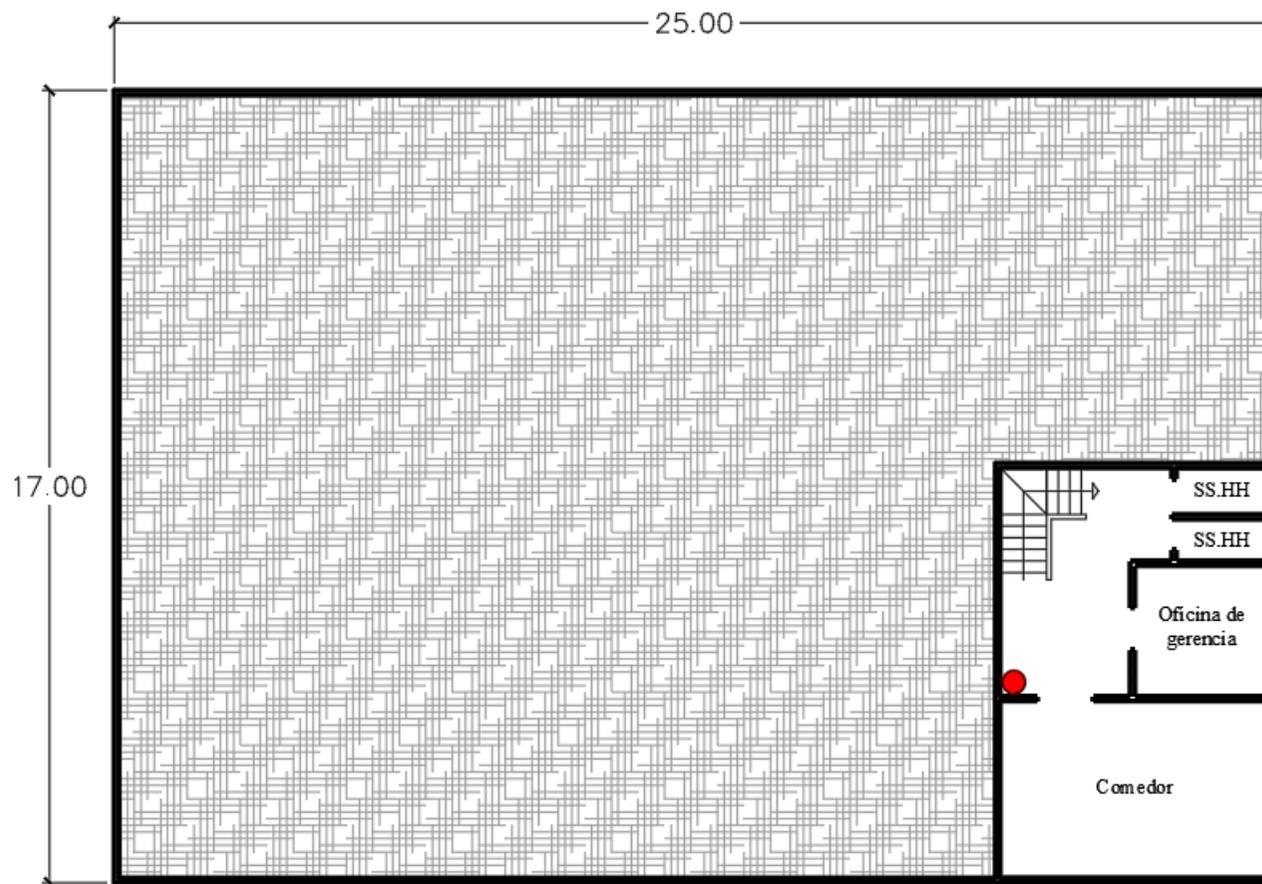
ANEXO D. Distribución de planta final - Layout general primer piso según propuesta



LEYENDA	
●	Extintores
●	Salida de emergencia
■	Zona de desechos
□	Zona de trabajo
▨	Pasadizo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO E. Distribución de planta final - Layout general segundo piso



Fuente: Elaboración propia

ANEXO F. Ubicación de área disponible de 45m x 30m para nueva distribución de planta de 25m x 17m propuesta.



Fuente: Google Earth