



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Optimización del empalme y despiece para la reducción del
desperdicio de acero mediante Tekla Structures en una edificación
aporticada, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

De la Vega Sernades, Derick (orcid.org/0000-0002-9366-5452)

ASESOR:

Mg. Ascoy Flores, Kevin Arturo (orcid.org/0000-0003-2452-4805)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedicado a mis padres, por todo el apoyo y aliento de superación que me vienen brindando en el transcurso de mi formación personal y mi formación profesional como futuro ingeniero. A mi hermana, por su constante apoyo y respaldo desde el primer día de inicio de esta maravillosa etapa de formación académica profesional.

De la Vega Sernades, Derick

Agradecimiento

A mis padres, por exigirme siempre a lograr mis objetivos, ser una mejor persona y por todos los valores y principios inculcados en mi desarrollo personal y preprofesional, para poder alcanzar el éxito en todo momento. A mi casa de estudio, por haberme acogido de la mejor manera para poder continuar con mi formación académica profesional, brindándome todas las facilidades sin ninguna restricción. A mi docente, Mg. Ascoy Flores, Kevin Arturo por su tiempo y dedicación brindada en todo momento para la culminación de mi tesis de investigación.

De la Vega Sernades, Derick

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	5
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y operacionalización	20
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimientos.....	23
3.6. Método de análisis de datos	24
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	26
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS.....	61
Matriz de Consistencia.....	1

Índice de tablas

Tabla 1: Longitudes de empalme en columnas para concreto $f'c$ 210 kg/cm ²	10
Tabla 2: Longitudes de empalme en concreto $f'c$ 210 kg/cm ² para vigas	11
Tabla 3: Matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 4: Porcentaje de desperdicio en la optimización de empalme	48
Tabla 5: Porcentaje de desperdicio en la optimización de despiece	50
Tabla 6: Porcentaje de desperdicio y reducción en la optimización de empalme y despiece de acero en vigas y columnas.....	51

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Longitud mínima en empalmes traslapados	8
Figura 2: Tipos de empalme según la ubicación en columnas	9
Figura 3: Empalme en vigas.....	10
Figura 4: Recubrimiento en columnas de muros portantes	11
Figura 5: Distribución de información de algoritmo genético basado en grupos	12
Figura 6: Metodología de algoritmo genético.....	13
Figura 7: Software de diseño estructural Tekla Structures	15
Figura 8: Plano estructural elaborado con Tekla Structures	15
Figura 9: Cuadro de selección del tipo de armaduras	16
Figura 10: Opciones por defecto de ganchos	17
Figura 11: Ganchos personalizados	17
Figura 12: Distancias de recubrimiento en una viga	18
Figura 13: Espesor de recubrimiento y longitud de barra	18
Figura 14: Armado de cimiento corrido en borde.....	26
Figura 15: Armado de cimiento corrido en centro	27
Figura 16: Armado de sobrecimiento	28
Figura 17: Armado de viga de conexión	29
Figura 18: Armado de losa aligerada	30
Figura 19: Armado de vigas peraltadas.....	31
Figura 20: Armado de escaleras	32
Figura 21: Armado de columnas	33
Figura 22: Acero en cimiento corrido – vista superior tridimensional	34
Figura 23: Acero en cimiento corrido – vista lateral tridimensional	34
Figura 24: Acero en cimiento corrido – vista en planta	35
Figura 25: Acero en vigas de conexión – vista lateral tridimensional.....	36
Figura 26: Acero en vigas de conexión – vista superior tridimensional.....	36
Figura 27: Acero en vigas de conexión – vista en planta.....	37
Figura 28: Acero en columnas – vista superior tridimensional.....	38
Figura 29: Acero en columnas – vista lateral tridimensional	38
Figura 30: Acero en vigas de arriostre – vista lateral tridimensional	39

Figura 31: Acero en vigas de arriostre – vista superior tridimensional	39
Figura 32: Acero en vigas de arriostre – vista en planta	40
Figura 33: Acero en losa aligerada – vista lateral tridimensional	41
Figura 34: Acero en losa aligerada – vista superior tridimensional	41
Figura 35: Acero en vigas de arriostre – vista en planta	42
Figura 36: Acero en columnas – segundo nivel – vista lateral tridimensional	43
Figura 37: Acero en columnas – segundo nivel – vista superior tridimensional	43
Figura 38: Acero en columnas – segundo nivel – vista en planta	44
Figura 39: Modelado finalizado – vista superior tridimensional	45
Figura 40: Modelado finalizado – vista lateral tridimensional	46
Figura 41: Modelado finalizado – vista anterior tridimensional	47

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar la reducción de los desperdicios de acero optimizando los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures, haciendo uso de una metodología a un nivel explicativo del tipo aplicado con un enfoque cuantitativo de diseño experimental, teniendo como población a las edificaciones con sistemas estructurales aporticados, siendo estos analizados mediante la técnica de simulación de las características estructurales teniendo como instrumento al Software Tekla Structures. Obteniendo finalmente como resultado que el patrón de empalme C7 con 4.99% de acero empalmado y 15.16% de acero como desperdicio.

Palabras clave: Empalme, Despiece, Optimizacion.

Abstract

The objective of this research is to determine the reduction of steel waste by optimizing the splices and cutting through the Tekla Structures software, using a methodology at an explanatory level of the type applied with a quantitative approach of experimental design, having as a population the buildings with framed structural systems, being these analyzed by means of the simulation technique of the structural characteristics using the Tekla Structures Software as an instrument. Finally obtaining as a result the C7 splicing pattern with 4.99% of spliced steel and 15.16% of steel as waste.

Keywords: Splice, Exploded view, Optimization.

I. INTRODUCCIÓN

Las características estructurales de las edificaciones, así como su magnitud y sistemas utilizados, influyen significativamente en las adversidades que surgen al determinar alternativas para diseños estructurales más sostenibles. Con la finalidad de plantear edificaciones donde se reduzcan los materiales, así como el uso de energía durante todas las etapas del proyecto, la comunidad de arquitectos e ingenieros plantea metodologías innovadoras. Para diseñar elementos o sistemas estructurales existen múltiples métodos, sin embargo, los alcances sobre sostenibilidad en los diseños son muy limitados. Lograr minimizar los residuos de materiales que se acumulan en los distintos procesos constructivo, es uno de los grandes objetivos de la construcción sostenible, ya que conlleva beneficios medioambientales y económicos. (Danatzko y Sezen 2011, p. 186)

A nivel mundo, la industria de la construcción es una de las que mayor cantidad de energía consume durante los procesos de fabricación de materias primas, procesos constructivos y también al momento de hacer uso de estas edificaciones. Es importante destacar que todos los materiales de construcción utilizados se originan a partir de materias primas no renovables cuyos procesos de fabricación generan importantes cantidades de CO₂ al exterior, lo perjudica notablemente al medio ambiente. Con el objetivo de ejecutar medidas correctoras ante esta problemática, se plantearon distintos sistemas de certificación de sostenibilidad para edificaciones priorizando la reducción de desperdicios de materiales y disminución de energía y agua. Entre los residuos de construcción un gran porcentaje de ellos representa a las barras de acero en estructuras de concreto armado que presenta desde 5% y 8% del total de desperdicios de construcción. (Prados y Cardenillo 2020, p. 133)

La industria de la construcción es causante de que se generen aproximadamente el 30% a 40% de desperdicios en los países industrializados cuyas tasas de reciclaje varía bastante diferenciándose los países desarrollados con 95% a 100% de tasas de reciclaje, de los países menos desarrollados cuyas tasas son 0% a 66%. (Quiroga 2022)

En Latinoamérica, los desperdicios de construcción constituyen gran porcentaje del total de desperdicios generados, a razón de esta problemática se han estado creando en el mundo leyes y normativas que regulen la gestión de residuos y condenar su incumplimiento. Actualmente la tendencia para lograr una reducción de desperdicios es la de reutilizar aquellos desperdicios de materiales generados en los procesos constructivos de proyectos de edificación, recuperándolos en nuevos productos en sustitución de materias primas. Países como Ecuador, Colombia y Chile ya implementaron normativas que regulen estos residuos de los cuales destaca Colombia que tiene un decreto específico relacionado con los desperdicios de construcción. (Cadena, Cando y Chacha 2019, p. 5)

En el Perú actualmente la ejecución de proyectos de edificaciones es fundamental para el crecimiento del país en el ámbito socio-económico. Durante todas las etapas del proyecto se generan desperdicios. Entre los cuales tenemos los residuos sólidos de construcción (RSC), que según los reportes del MINAM representan cerca del 5% del total en el país. Los componentes que integran los RSC varía según la ubicación de la edificación y sus materias primas típicas de cada zona, entre los cuales se tiene los desperdicios de barras de acero que se generan principalmente durante ellos procesos de despiece. Las cantidades que de residuos que se generan durante los cortes están vinculados a los patrones de corte estándares que se manejan dentro de obra, por lo cual estos pueden reducirse al optimizar estos patrones, combinando distintas posibilidades de longitudes. (Galarza 2020)

A nivel local, los sistemas aporticados son ampliamente utilizados en la construcción de viviendas en nuestro país. El cual está conformado vigas y columnas razón por la cual son objeto de nuestro trabajo de investigación.

El presente trabajo se justifica **teóricamente** porque brindará una metodología nueva para lograr reducir los desperdicios de acero de construcción involucrando softwares de diseño estructural 3D como es Tekla Structures, aportando de esta manera al diseño estructural sostenible.

Formulación del problema:

Una vez analizada la problemática que generan los desperdicios de acero en la construcción y los intentos por reducir estas cantidades mediante distintas metodologías, surge la interrogante para la presente investigación:

¿Cuánto es el porcentaje de reducción de desperdicios de acero después de optimizar los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures en una edificación aporticada?

Justificación:

La justificación **práctica** que ofrece esta investigación una vez este desarrollado, aportará como alternativa a la problemática que se tiene sobre los residuos de construcción y regulando la sostenibilidad de las edificaciones.

Metodológicamente se justifica ya que este estudio aportará con un conjunto de alternativas para la optimización de cortes y empalmes de acero, y de esta manera lograr beneficios tanto económicos como medioambientales minimizando los desperdicios de construcción.

Por otro lado, es importante destacar que el estudio se limita a una optimización de cortes y empalmes de manera manual y apoyado de hojas de cálculo implementadas con algoritmos, al no existir softwares BIM con funciones específicas a optimización de cortes y empalmes se optará por el software Tekla Structures ya que este está más optimizado al diseño de estructuras de concreto armado y modelado de acero, y se obtendrá resultados de manera más representativa.

Objetivos de la investigación:

Objetivo general:

OG: Determinar la reducción de los desperdicios de acero optimizando los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures.

Objetivo Específico:

OE1: Determinar la reducción de desperdicios de acero al examinar los patrones de

empalme en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.

OE2: Determinar la reducción de desperdicios de acero al examinar los patrones de despiece en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.

Hipótesis de la investigación:

Hipótesis general:

HG: Los desperdicios de acero se redujeron después de optimizar los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures.

Hipótesis específica:

HE1: Los desperdicios de acero se redujeron al examinar los patrones de empalme en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.

HE2: Los desperdicios de acero se redujeron al examinar los patrones de despiece en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.

II. MARCO TEÓRICO

Se realizó una revisión literaria de distintos autores que realización trabajos afines a nuestra investigación.

Se presenta a continuación antecedentes internacionales.

Alshemmare y Ali (2021), tuvieron como objetivos de investigación desarrollar un modelo matemático y un procedimiento para disponer alternativas de corte con pérdidas mínimas de acero para cada diseño de edificación. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya población fue enfocada a la evaluación de diez edificaciones de varios pisos construidos en los últimos años en Bahrein. Los instrumentos empleados fueron. Los instrumentos que se utilizaron fueron fichas que contenían los datos recolectados cuya información describía las características estructurales de las edificaciones de estudio que serán la fuente para probar la eficiencia de los modelos matemáticos planteados. Los principales resultados obtenidos fueron que el coste de las barras de acero ronda el 12% del coste total de los suministros de obra requeridos para su ejecución y los porcentajes de desperdicio en el Reino de Bahrén es alrededor del 15% hasta 25%. Lo cual muestra la importancia de optimizar los procesos de corte de acero. Al implementar los modelos matemáticos se llegó que los desperdicios se reducen en un 4.4%.

Lee et al. (2020), tuvieron como objetivos de investigación el proponer un algoritmo de minimización de residuos de corte optimizando las longitudes especiales y stock. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica cuya población fue una edificación de 20 niveles con sótano ubicada en Corea de 66.644 m² de superficie de terreno y 3970m² de área de construcción. El instrumento utilizado para esta investigación fue fichas que contenían los datos recolectados cuya información contenía las características estructurales de la edificación y dimensiones de acero utilizado para poder validar los algoritmos planteados. Los principales resultados fueron, primero que para la optimización de barras de refuerzo D25, la tasa de desperdicios fue de 0.58% y para las longitudes estándar fue de 1.58%. Concluyendo que la optimización por longitud especial redujo los desperdicios de acero de mejor manera que por la

combinación de longitudes existentes. La cantidad de toneladas de acero propuestas para el proyecto fue de 1942.05 ton sin embargo la cantidad al optimizar los cortes según los algoritmos fueron de 1824.75 ton lo que significó un ahorro 98.976 USD en costos de construcción.

Matviyishyn y Janiak (2019), tuvieron como objetivos de investigación el de generar variantes mediante algoritmos en los cortes de varillas para lograr mínimos porcentajes de desperdicio calculando los números máximos de varillas que se pueden obtener de una longitud de barra estándar. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya población fue una edificación aporricada de 3 niveles. El instrumento utilizado para esta investigación fue fichas que contenían los datos recolectados y hojas de cálculo cuya información contenía las características estructurales y dimensiones de la edificación. Los principales resultados fueron que se logró disminuir los desperdicios a un 0.3% de acero en general. Concluyó que esta metodología puede utilizarse no solo para el corte de varillas de acero de refuerzo sino también de acero laminado, tuberías, barras de madera, etc.

Moussavi et al.(2018), tuvieron como objetivos de investigación identificar disposiciones óptimas de barras de refuerzo que resultarán en una serie de patrones de corte con una mínima cantidad de pérdidas de recorte de varillas de acero de refuerzo de columnas y muros de corte, reduciendo de esta forma el recorte de acero en todo el proyecto y por último minimizar los desperdicios de corte de acero aprovechando la flexibilidad en la selección de la ubicación de empalmes traslapados. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya la población fueron las estructuras de concreto armado centrado la atención las columnas y muros de corte de una edificación de 6 pisos. El instrumento utilizado para esta investigación fueron módulos de recopilación de datos de modelos BIM, como el número de pisos, altura de pisos, dimensiones de las barras de acero en cada columna y muro de corte, la superposición y longitudes de gancho, espesor de losa y profundidad de cimientos. Los principales **resultados** fueron que se obtuvo una disminución del 50.7% y 55.7% en términos de desperdicios de acero en general y una reducción del 7.7% y 11.8% en el consumo de acero de refuerzo para columnas y muros de corte respectivamente, esto como

resultado de optimizar los patrones de traslapado y corte de varillas de acero.

Se tienen investigaciones realizadas en el ámbito **nacional**

(Loayza, Munayco y Vilchez 2018) tuvieron como objetivos de investigación realizar mejoras en la organización, gestión y control de residuos de materiales en proyectos de edificación en la costa del Perú, a través de análisis de información cuantitativa de proyectos para de esta manera poder optimizarlos de mejor manera reduciendo costos y recursos utilizados en la edificación. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya la población fue la ampliación del centro comercial Plaza San Miguel. El instrumento utilizado para esta investigación fue fichas que recolectaban los datos, esta vendría a ser información de campo. Los principales resultados fueron que el acero se logró reducir desde un valor de 0.0619 hh/kg a 0.0504 hh/kg obteniendo un promedio de 0.056 hh/kg, logrando de esta manera reducir los desperdicios de horas hombre en 0.002 hh/kg. Los desperdicios de acero (material) se han logrado reducir de un 6.02% que se tuvo a finales del mes de abril del año 2018 a un valor porcentual de 3.37% a finales del mes de junio del 2018, aunque aún este valor es superior en un 0.37% por encima de los residuos previstos en el expediente donde se planificó un total del 3%. Los desperdicios de concreto (material) se lograron reducir a 4.69% a finales de junio de 2018 de un porcentaje inicial de 7.24% a finales del mes de abril logrando un 0.31% por debajo del desperdicio provisto en el presupuesto donde se planificó un total del 5%.

Galarza (2014) tuvo como objetivos de investigación la disminución de costos en los consumos de suministros del proyecto y la reducción de desperdicios sólidos de construcción generados en los proyectos de edificación. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica cuya población fueron dos proyectos de edificación del Perú. El instrumento utilizado para esta investigación fue fichas que contenían los datos recolectados y análisis de la información. Los principales resultados obtenidos fueron que se lograron un 3% de ahorro en acero de refuerzo y un 8% de ahorro en la etapa de muros pantalla, aunque en las torres de departamentos se superó en un 1% lo

esperado, en conclusiones generales se logró una ganancia de 11.250 soles en base a las minimizaciones de desperdicios de materiales.

Bases teóricas:

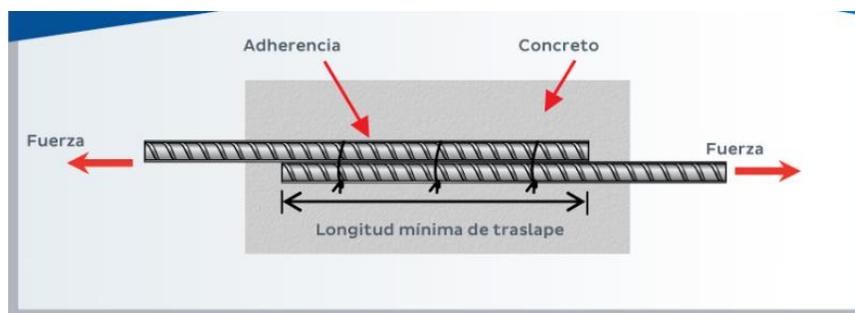
Los enfoques conceptuales referidas a las variables de estudio, cuyas variables independientes son la optimización de empalmes y despiece de acero, y variable dependiente la reducción de desperdicios de acero analiza las definiciones de los siguientes términos:

Optimización del Empalme de acero:

Un empalme traslapado es una conexión que transfiere fuerzas y cargas entre ambos elementos. Esto se realiza porque los refuerzos en estructuras no siempre se presentan de manera continua por lo cual es necesario unir piezas para alcanzar una longitud solicitada. (Aceros Arequipa 2021)

La importancia de los empalmes dentro de la construcción radica en la transferencia de fuerzas entre varillas y debido a esto la estructura es capaz de soportar tensiones elevadas. Estos empalmes se efectúan con las varillas de fierro en contacto y amarradas por alambre. (RNE 2020b)

Figura 1: Longitud mínima en empalmes traslapados



Fuente: (Galarza 2020)

Longitud de empalme:

La longitud de empalme varía de acuerdo al diámetro de las varillas, de la posición donde se ubique el empalme, del $F'c$ del concreto y del tipo de elemento estructural en el que se esté trabajando, ya sean columnas o vigas.

Columnas: Son elementos verticales encargados de soportar el piso estructural. Están sujetos a carga axial y flexión en la mayoría de casos. Estos elementos son de gran importancia al momento de tomar consideraciones de seguridad. (RNE 2020)

Empalme de acero en columnas: Al empalmar columnas se realiza a los dos tercios centrales. Sin embargo, hay casos donde se tienen que empalmar en las partes inferiores.

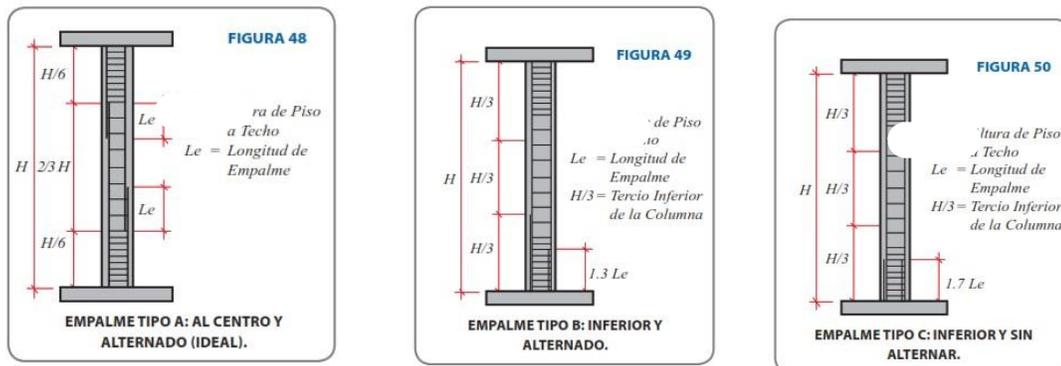
Se tienen 3 casos de empalme en columnas:

Empalme tipo A: La ubicación del empalme se realiza a los 2/3 centrales de la columna. Este tipo de empalme es el más recomendado.

Empalme tipo B: La ubicación del empalme es alternada y se realiza en la parte baja de la columna. La longitud de desarrollo de este empalme requiere un incremento del 30% de longitud del empalme tipo A.

Empalme tipo C: La ubicación del empalme es sin alternada y esta se encuentra en la parte inferior de la columna. La longitud de desarrollo de este empalme requiere un incremento del 70% de la longitud del empalme tipo A.

Figura 2:Tipos de empalme según la ubicación en columnas



Fuente: (Aceros Arequipa 2022)

Tabla 1: Longitudes de empalme en columnas para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

DIÁMETRO DE BARRA	COLUMNAS: LONGITUD DE EMPALME EN CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		
	Traslape Tipo A	Traslape Tipo B	Traslape Tipo C
3/8"	30 cm	39 cm	39 cm
1/2"	32 cm	42 cm	42 cm
5/8"	40 cm	52 cm	52 cm
3/4"	54 cm	70 cm	70 cm
1"	97 cm	126 cm	126 cm

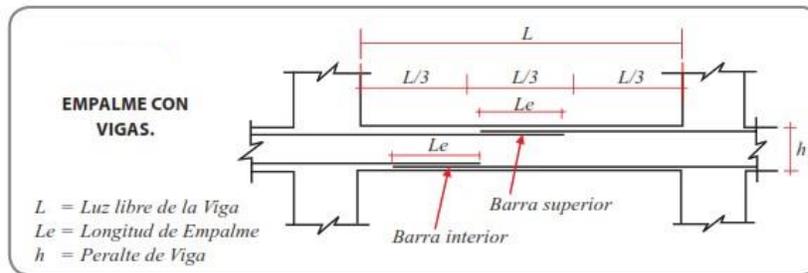
Fuente: (Aceros Arequipa 2022)

Vigas: Son aquellos elementos cuya finalidad es la de transmitir los esfuerzos de las losas de piso hacia las columnas verticales. Generalmente estos elementos son colados de manera monolítica con las losas de piso. (RNE 2020)

Empalme de acero en vigas:

El empalme del acero superior se realiza en el centro y el acero inferior se empalma en los extremos

Figura 3: Empalme en vigas



Fuente: (Galarza 2014)

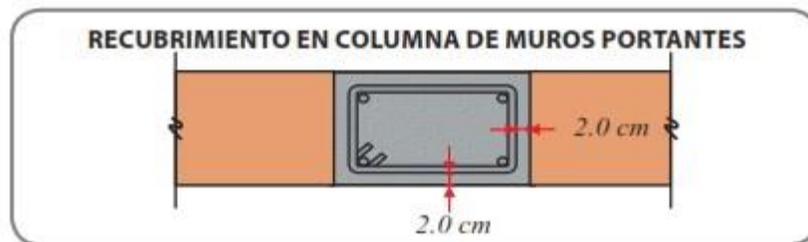
Tabla 2: Longitudes de empalme en concreto $f'c$ 210 kg/cm² para vigas

DIÁMETRO DE BARRA	VIGAS: LONGITUD DE EMPALME EN CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$					
	Tipo A (cm)		Tipo B (cm)		Tipo C (cm)	
	Barra Superior	Barra Inferior	Barra Superior	Barra Inferior	Barra Superior	Barra Inferior
3/8"	34 cm	30 cm	44 cm	39 cm	57 cm	51 cm
1/2"	45 cm	32 cm	59 cm	42 cm	76 cm	54 cm
5/8"	56 cm	40 cm	73 cm	52 cm	95 cm	68 cm
3/4"	76 cm	54 cm	99 cm	70 cm	129 cm	92 cm
1"	136 cm	97 cm	177 cm	126 cm	231 cm	165 cm

Fuente: Elaboración propia

Recubrimiento: Es el concreto que evita que el acero realice contacto directo con el agua o fuego y lo separa del medio externo. (Aceros Arequipa 2021)

Figura 4: Recubrimiento en columnas de muros portantes



Fuente: (Galarza 2020)

Despiece de acero:

El despiece viene a ser la cuantificación de cada elemento según el tipo de material, su longitud y el volumen que ocupa. Para posteriormente registrar estos datos en hojas diseñadas para este fin. (SENA 2019)

El despiece es el proceso de reformulación y organización de armaduras y refuerzos del acero de un proyecto de edificación en formato diseñado para tal finalidad. Estos datos deben estar enlistados de acuerdo a su caracterización considerando cualidades como la cantidad, dimensionamiento, ángulos y densidad de acero utilizado. (Vazquez 2018)

Métodos numéricos para la optimización de empalmes y despiece:

Algoritmos genéticos (GA): Este algoritmo fue desarrollado por el Dr. Jhon, está basado en conceptos y teorías de genética y selección natural, este evoluciona a través de iteraciones según los operadores de genética utilizados. La ventaja de estos algoritmos es que brindan respuestas de manera inteligente y veloz. Son utilizados generalmente para encontrar soluciones en un espectro de problemas combinatorios complejos en la ingeniería civil. (Salem, Shahin y Khalifa 2007)

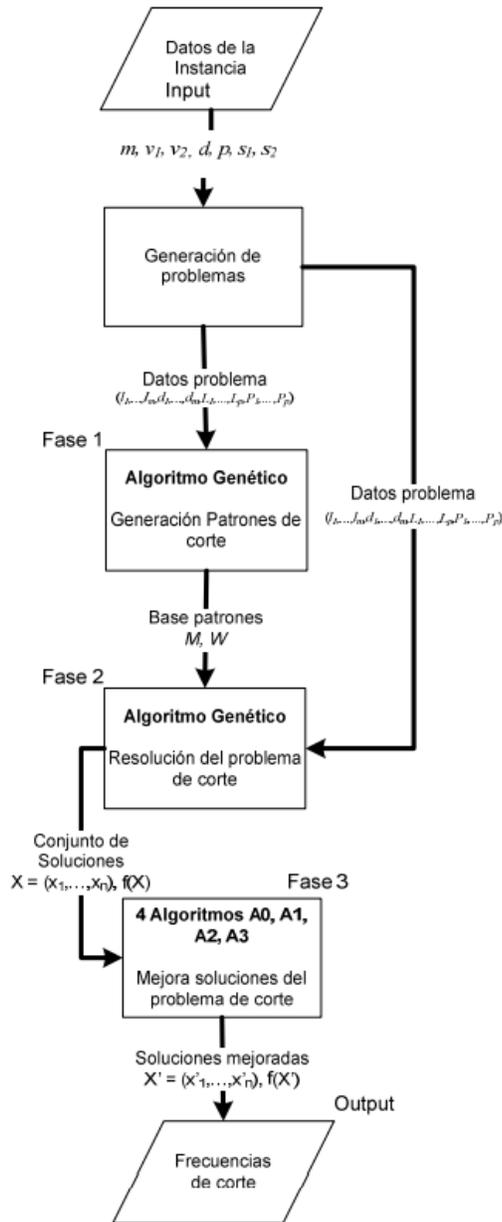
- **Representación de soluciones basado en grupos:**
- Se codifica la resolución del problema el cual se denomina cromosoma, en un conjunto de n genes, que están definidos secuencialmente, estos se representan en patrones de corte para lo cual es necesario definir las características de estos genes o patrones con la finalidad que sean determinantes en la aplicación de la solución del problema. Entonces se crean patrones de corte considerando todas las posibilidades existentes, para de esta manera puedan ser óptimos, lo cual está determinado por un valor porcentual de residuo de material permisible, de esta manera se obtiene un patrón que logrará reducir los desperdicios. (Gracia Calandín 2010)

Figura 5: Distribución de información de algoritmo genético basado en grupos

Longitudes de vigas demandadas: 2, 5, 6, 7, 9 y 10			
Longitudes de los perfiles en stock: 12, 13 y 15			
Posibles grupos o patrones:			
Grupo	Vigas que corta	Perfil	Desperdicio
A	(10)	12	2
B	(6 5 2)	13	0
C	(9 2)	12	1
D	(7 6)	13	0
E	(10 5)	15	0
Representación de una solución con 10 genes			
AACBDDDEEE			

Fuente: (Gracia Calandín 2010)

Figura 6: Metodología de algoritmo genético



Fuente: (Gracia Calandín 2010)

Desperdicios de acero: Los desperdicios de acero son aquellos generados durante el proceso de despiece de barras de acero esto a su vez está condicionado a los patrones de corte. (Moussavi et al. 2018)

Estas pérdidas de material generalmente son atribuidas al mal manejo de procesos constructivos y que ocasionan costos que no agregan valor al producto que se quiere

conseguir, ya sean armaduras o refuerzos.

Según la rentabilidad estos pueden clasificarse en desperdicios evitables, los cuales comprenden costos de reducción menores a los costos de desperdicio propiamente, y los desperdicios inevitables los cuales comprenden costos de reducción mayores a los costos del desperdicio propiamente, lo cual hace que el proceso de reducción de residuos sea inviable.

Gestión de desperdicios:

La gestión de desperdicios comprende el desarrollo de procesos constructivos implementados con nuevas metodologías, procesos de seguimiento y control con la finalidad que estos estén bien optimizados y disminuyan los residuos de materiales presentes en el proyecto. (Soriano 2016)

Tekla Structures:

Tekla Structures es un programa de diseño estructural especializado en estructuras metálicas y concreto armado utilizado en la fabricación y montaje de estructuras, así como en el detallado y despiece de elementos. Fue desarrollado por la empresa finlandesa Tekla Corp. (Trimble 2022)

El modelamiento de estructuras con el software Tekla permite incrementar la productividad ya que contiene herramientas cuyas características facilitan los cálculos y optimiza los cambios realizados en el modelo de manera ligera y eficiente. Lo cual nos brinda precisión en el modelado.

Características:

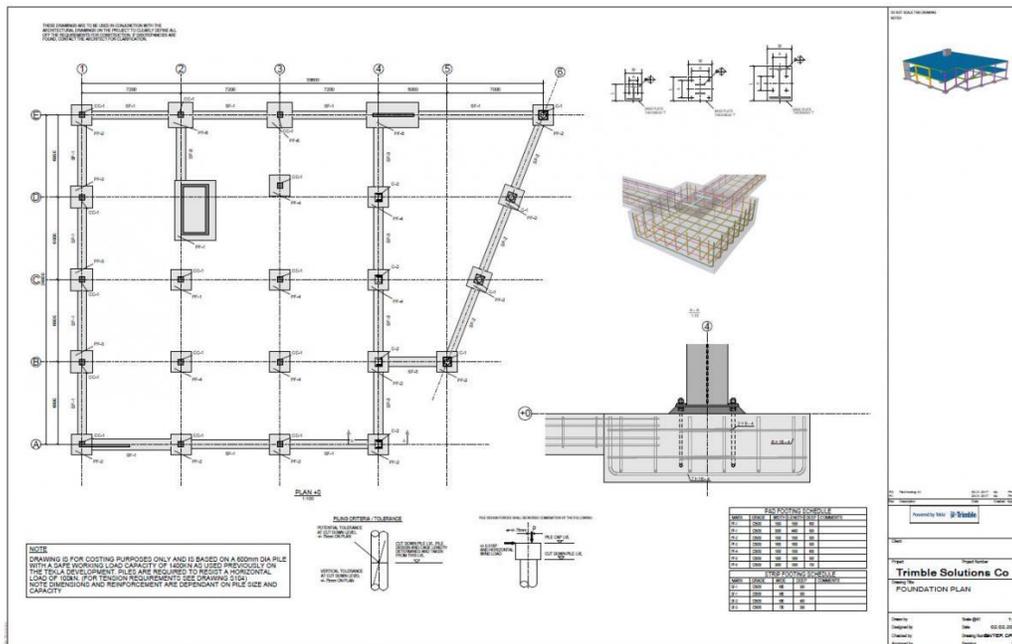
- Modelado ligero con elementos complejos
- Plataforma con interfaz amigable
- Herramientas de dibujo intuitivas
- Creación de objetos según metodologías BIM, priorizando la optimización y productividad

Figura 7: Software de diseño estructural Tekla Structures



Fuente: (Trimble 2022)

Figura 8: Plano estructural elaborado con Tekla Structures



Fuente: (Trimble 2022)

Funciones y herramientas de detallado de armaduras para el modelado de las estructuras en Tekla Structures

- a) Caracterización de los elementos estructurales y armaduras

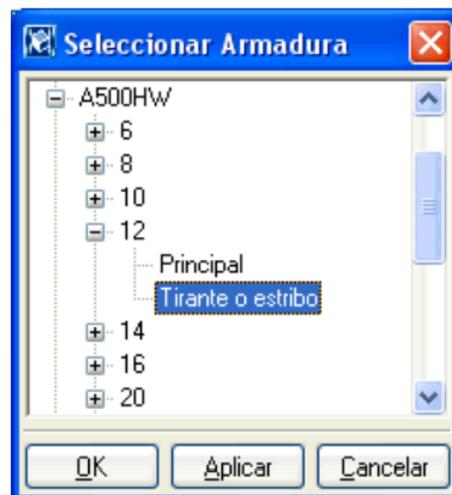
Es necesario contar con toda la información necesaria sobre la edificación que

se va modelar como los tipos de materiales, dimensionamiento, tamaños, radios y cantidades de cada uno.

- Identificación de cada armadura: Es importante diferenciar a los distintos tipos de armaduras con las que se trabajarán, por lo cual Tekla Structures nombra a cada elemento existente o creado.
- Materiales a utilizar: El tipo de material utilizado en la edificación nos brindará la resistencia de acero a utilizar para las armaduras. También de este depende las deformaciones de la barra que influirán en los análisis estructurales que se realizarán
- Radios de plegado: Esta información estará condicionada según la normativa con la que se este trabajando.

Para definir estas propiedades se encuentra la ventana de selección de armadura que nos mostrará los tipos de barras disponibles.

Figura 9: Cuadro de selección del tipo de armaduras



Fuente: (Trimble 2022)

b) Ganchos

Tekla proporciona la posibilidad de editar las propiedades de los ganchos que servirán a manera de anclaje en las vigas y columnas. Se tienen distintas opciones de ángulos de doblado.

Figura 10: Opciones por defecto de ganchos

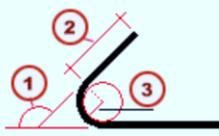
Opción	Descripción
—	Sin gancho
└	Gancho estándar de 90 grados
↙	Gancho estándar de 135 grados
═	Gancho estándar de 180 grados
↙	Gancho personalizado

Fuente: Elaboración propia

El programa cuenta con una base de información que contiene dimensionamiento por defecto para todos los ganchos estándar sin embargo es posible definir sus propiedades de manera personalizada, donde se podrá editar el ángulo, longitud y radio.

Figura 11: Ganchos personalizados

Campo	Descripción
Ángulo	Introduzca un valor entre -180 y +180 grados.
Radio	Radio interno de plegado del gancho.
Longitud	Longitud de la parte recta del gancho.



1 Ángulo

2 Longitud

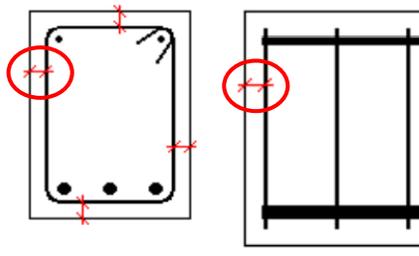
3 Radio

Fuente: (Trimble 2022)

c) Recubrimiento:

Este estará compuesto por concreto que proteja a la armadura del exterior y elementos que dañen el acero, como las condiciones climáticas o el fuego. Cuando se diseñan barras Tekla utiliza el *espesor de recubrimiento para ubicar la posición exacta de la varilla.*

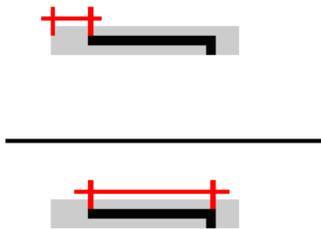
Figura 12: Distancias de recubrimiento en una viga



Fuente:(Trimble 2022)

Para definir el espesor de recubrimiento es se introduce un valor en cada uno de los planos de vista de las vigas. Es posible también introducir este valor al final de cada barra o especificando la longitud de esta directamente.

Figura 13: Espesor de recubrimiento y longitud de barra



Fuente: (Trimble 2022)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Aplicada o práctica

Las investigaciones aplicadas centran su estudio en la capacidad de llevar los conceptos teóricos generales a la práctica, y enfoca sus estudios en abordar las necesidades sociales y humanas. (Guerrero y Guerrero 2014)

El presente estudio es de tipo aplicada o práctica porque su finalidad es aplicar conceptos teóricos a un fin en particular, cuyo objeto de investigación es una realidad problemática.

Diseño de investigación

Enfoque Cuantitativo:

El enfoque cuantitativo representa secuencias de procesos donde no se puede eludir pasos, se sigue un orden estricto, aunque es posible reorganizar alguna fase. El objetivo de este enfoque es el de medir y estimar valores de nuestras variables en un contexto dado. Una vez realizado las mediciones, se analizan mediante métodos estadísticos y se llega a ciertas conclusiones de acuerdo a las hipótesis planteadas. (Sampieri 2018)

El enfoque de este estudio es cuantitativo porque se evaluarán los porcentajes de desperdicios de los patrones optimizados mediante métodos numéricos y simulación de modelos 3D.

Nivel Explicativo:

El nivel de investigación explicativo estudia las causas que ocasionan ciertos eventos, sucesos, o fenómenos. El interés de esta investigación es explicar los motivos por los cuales se originan los fenómenos y cuáles son las condiciones a las que está sujeta. Estudia también las causas por la que dos o más variables se relacionan entre sí. (Sampieri 2018)

El presente estudio se encuentra en el nivel explicativo, ya que pretende estudiar la manera en que la optimización de empalmes y despieces reducen los porcentajes de desperdicios de acero en un proyecto de edificación aporticada mediante métodos numéricos y simulación de modelos 3D.

Diseño Experimental:

El presente estudio tiene un diseño experimental porque se manipula nuestra variable experimental en condiciones delimitadas para demostrar la causa que produce un acontecimiento mediante la observación y medición. (Sampieri 2018)

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Optimización del empalme y despiece mediante Tekla

Los empalmes son elementos muy importantes dentro de la construcción, estos transfieren las fuerzas entre varillas y debido a esto la estructura es capaz de soportar tensiones elevadas. Estos empalmes se efectúan con las varillas de fierro en contacto y amarradas por alambre. (RNE 2020b)

El despiece es la cuantificación de elementos en cuanto a tipos de materiales, longitudes, y volumen de lo conforman, para luego organizar los datos en un cuadro resumen llamado cantidad de obra. (SENA 2019)

Variable 2: Reducción de desperdicios de acero

Los desperdicios de acero son aquellos generados durante el proceso de despiece de barras de acero esto a su vez está condicionado a los patrones de corte. (Moussavi et al. 2018)

Tabla 3: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	NIVEL DE MEDICIÓN
VI: Optimización del empalme mediante Tekla	Los empalmes son elementos muy importantes dentro de la construcción, estos transfieren las fuerzas entre varillas y debido a esto la estructura es capaz de soportar tensiones elevadas. Estos empalmes se efectúan con las varillas de fierro en contacto y amarradas por alambre. (RNE 2020b)	Se organizará la información proporcionada por el expediente técnico del proyecto para dimensionar las longitudes de las barras de acero. A partir de esto se generarán patrones de empalme considerando todas las posibilidades, así como patrones de corte.	D1: Patrones de Empalme para columnas y vigas	m	Razón
VI: Optimización del despiece mediante Tekla	Los desperdicios de acero son aquellos generados durante el proceso de despiece de barras de acero esto a su vez está condicionado a los patrones de corte y por lo cual estos desperdicios se podrán reducir mediante la optimización de patrones de despiece y empalme. (Moussavi et al. 2018)	Se modelará el proyecto de edificación en el software Tekla Structures donde se examinarán todos los patrones de empalme y corte propuestos e identificaremos aquellos que sean más óptimos para minimizar los desperdicios de acero en el proyecto.	D2: Patrones de corte para columnas y vigas	m	Razón
VD: Reducción de desperdicios de acero			D1: Porcentajes de reducción de los patrones	%	Razón

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

Salgado y Levano (2018) menciona que la población es un conjunto delimitado y accesible al universo a partir de procedimientos determinados, que pueden ser probabilísticos y no probabilísticos. Estos pueden ser individuos, animales, objetos, cosas u objetos con similitudes que pueden ser percibidas en un instante determinado donde se desarrollará la investigación. (p. 121)

En el presente estudio la población se delimitó al estudio de las edificaciones con sistemas estructurales aporticados.

Respecto a la **muestra** de la población, Gallardo (2017) lo conceptualiza como un subconjunto representativo de la población que representan sus características que lo definen de manera clara. Para determinar una muestra se utilizan procedimientos y técnicas denominadas muestreos. Resalta también que en una investigación no siempre se puede definir una muestra. Siendo el caso de esta investigación. (p. 64)

En este estudio se tiene una población demasiado pequeña y bien delimitada por lo cual no se tiene una muestra o la muestra viene a ser la misma que la población, que son las edificaciones con sistema estructural aporticado.

Respecto a las herramientas de **muestreo**, Caballero (2011) menciona que el muestreo es una herramienta para determinar una sección de población a estudiar que pueden basarse en la probabilidad estadística o por conveniencia (no probabilístico).

Este estudio al no presentar muestra no se pueden utilizar herramientas de muestreo.

Unidad de análisis:

La unidad de estudio muestra el elemento escogido a partir de la población quienes serán evaluados a partir de los instrumentos de medición. Esta entidad enmarcará todas las características a estudiar en la investigación. (Sampieri 2018)

Para este estudio la unidad de análisis es una edificación con sistema estructural aporticada, donde se analizarán las vigas y columnas de dicha construcción.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Simulación:

La simulación permite representar los eventos, situaciones y comportamientos en modelos para lograr una investigación de manera más específica y detallada. Esto se puede lograr sin alterar el objeto de estudio original. Esta técnica se utiliza en casos donde el investigador no puede acceder a la situación de estudio de manera directa, por lo cual se generan escenarios que incluyen todas las características necesarias que exige la investigación. (Sampieri 2018)

En este estudio se utilizará la técnica de la Simulación con la finalidad de realizar los análisis de datos recolectados del expediente técnico, estos contendrán todas las características estructurales que exige la presente investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Software Tekla Structures

El instrumento a utilizar para realizar la simulación de datos es el software Tekla Structures. Este es un programa de diseño estructural especializado en estructuras metálicas y concreto armado utilizado en la fabricación y montaje de estructuras, así como en el detallado y despiece de elementos

3.5. Procedimientos

a) Recolección de información

La presente investigación partirá de la información proporcionada del expediente técnico de un proyecto de edificación cuyo sistema estructural será aporticado. Donde se extraerá la información estructural referida al dimensionamiento de acero, características del edificio en general; tales como, longitudes, volúmenes, número de pisos, área total, área por piso, clasificación del acero, planos, metrados y presupuestos. Esta información se organizará en fichas de recolección de datos.

b) Modelamiento de la edificación 3D

Una vez recolectada la información necesaria se realizará un modelado 3D de la edificación a partir de los planos proporcionados por el expediente, para tal fin se hará uso del software Tekla Structures. Esto con la finalidad de identificar la cantidad de acero empalmado y acero desperdiciado para posteriormente poder evaluar la relación de dependencia entre estas dos variables.

c) Patrones de corte y empalme de acero para vigas y columnas

Una vez obtenida la información de cantidades y dimensiones de acero utilizadas se procederá a utilizar una hoja de cálculo formulada mediante algoritmos que nos ayuden a crear patrones de corte de acero y patrones de empalme. Una vez elaborados los patrones se contrastaran con los metrados de acero obtenidos a partir del software tekla structures.

d) Evaluación de patrones en el software Tekla

Una vez evaluado los patrones óptimos determinaremos aquel que nos muestre el menor porcentaje de desperdicios e identificaremos las condiciones que intervienen al momento de optimizar los desperdicios en la construcción.

e) Evaluación de costos

Evaluaremos las cantidades de materiales después de optimizar los empalmes y despiece de acero para identificar el más eficiente.

3.6. Método de análisis de datos

Se analizará los datos por técnicas de simulación y observación mediante tablas comparativas de porcentajes de desperdicios y costos de materiales. Apoyado con hojas de cálculo y tablas extraídas del software Tekla Structures, que serán las herramientas fundamentales para procesar y analizar la información.

3.7. Aspectos éticos

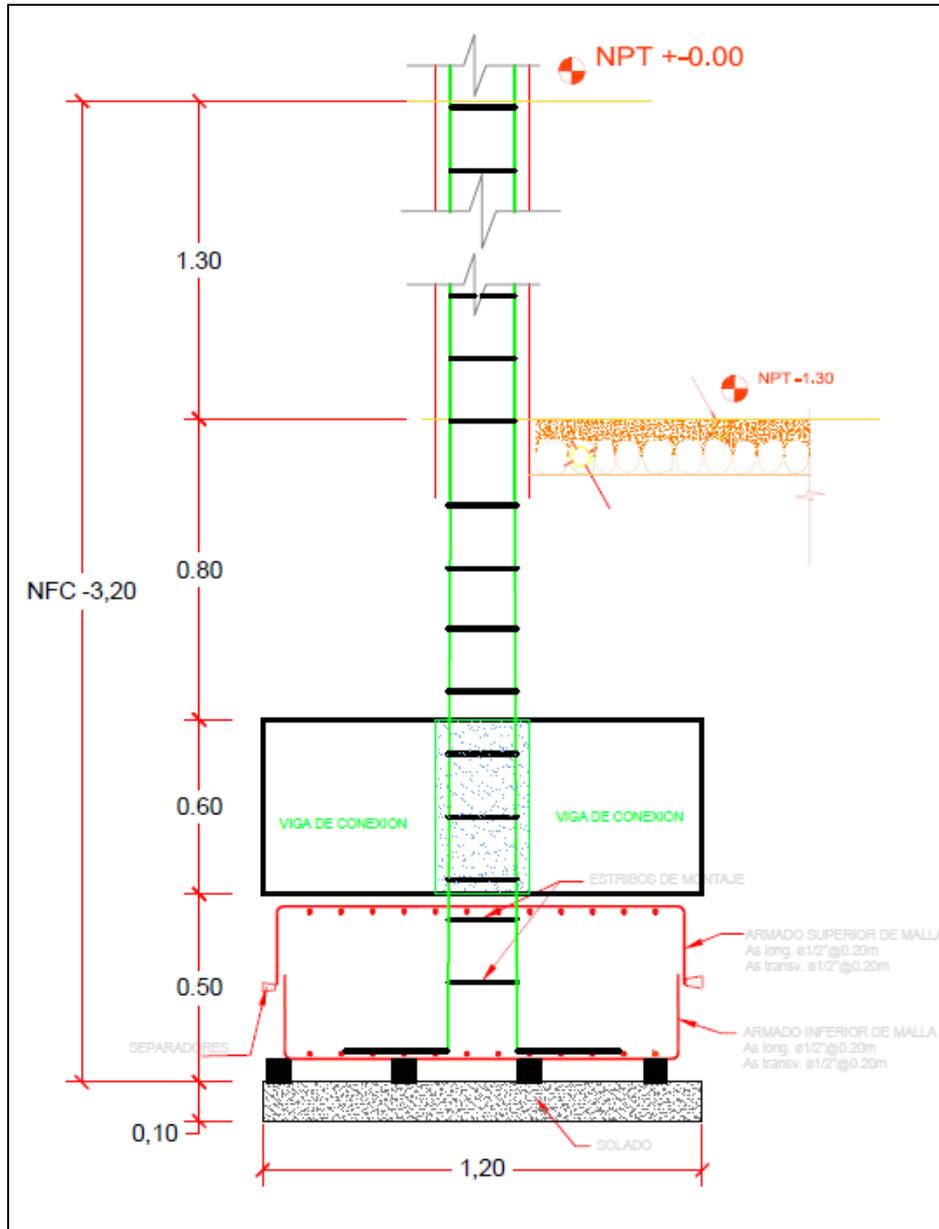
El presente estudio no involucrará daños hacia el medio ambiente, daños a la flora y fauna y daños hacia la persona. Ya que los procedimientos planteados se llevarán a

cabo utilizando herramientas de cálculo virtuales como Excel y software de modelado 3D como el Tekla Structures, apoyado de fichas de recolección de datos físicas.

La presente investigación será minuciosamente revisada mediante programas de similitud como Turnitin, asegurando de esta manera que este estudio se realice con el menor porcentaje de similitud posible. En la sección de referencias se dará reconocimiento a los artículos científicos utilizados, así como también se encuentra citado bajo la normativa ISO 690. Garantizando de esta manera la ética y profesionalismo de la investigación ya que cumple con todas las determinaciones de las normativas de ética de investigación de la Universidad César Vallejo.

como acero longitudinal $\frac{1}{2}$ " de diámetro cada 20cm y acero transversal de $\frac{1}{2}$ " de diámetro cada 20cm.

Figura 15: Armado de cimiento corrido en centro

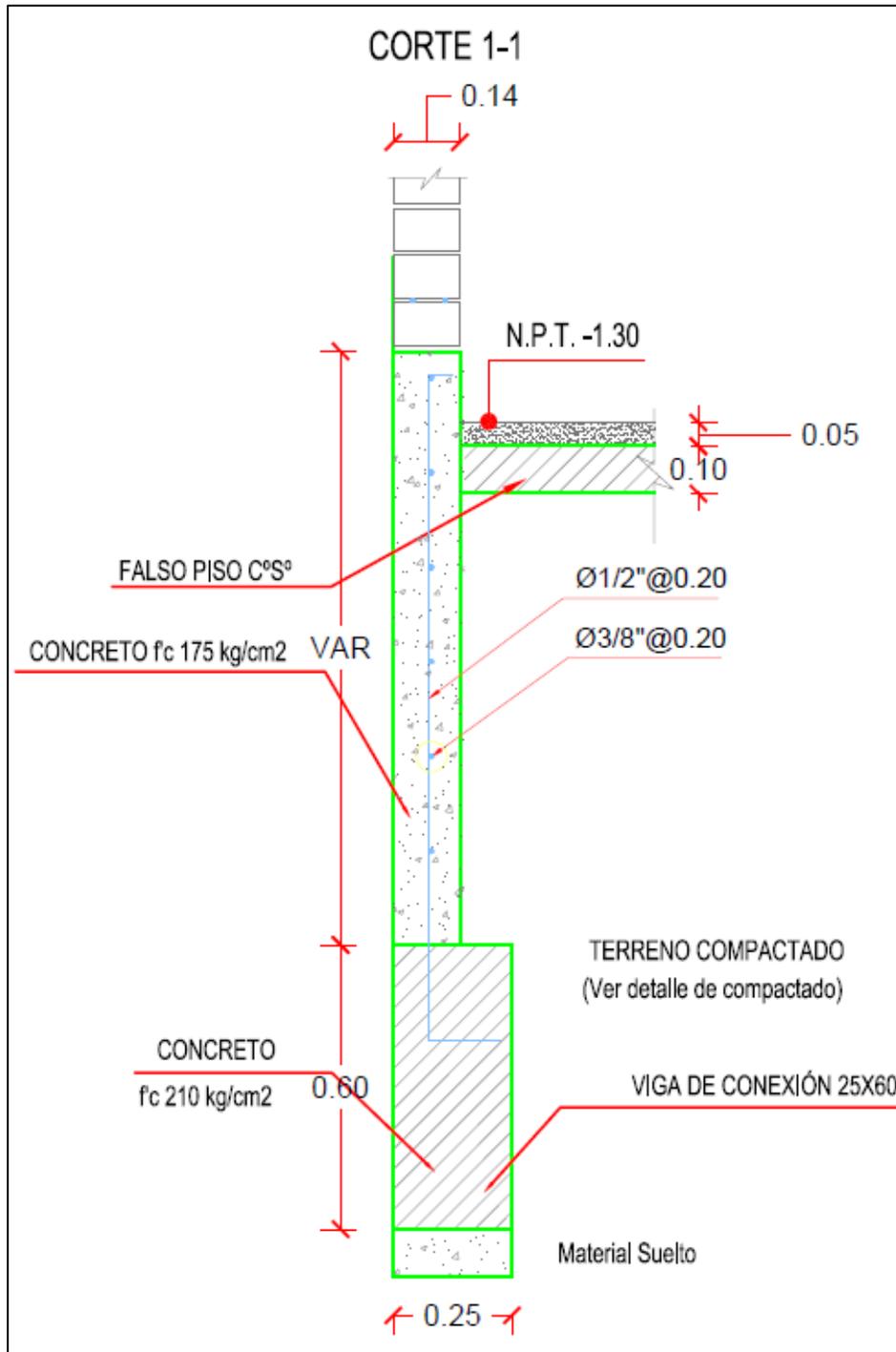


Fuente: Elaboración propia

El armado del cimiento corrido interior está conformado por una malla en la parte superior con acero longitudinal y transversal de $\frac{1}{2}$ " de diámetro cada 20cm, para el caso del armado inferior de la malla se tiene como acero longitudinal y transversal de

½" de diámetro cada 20cm.

Figura 16: Armado de sobrecimiento

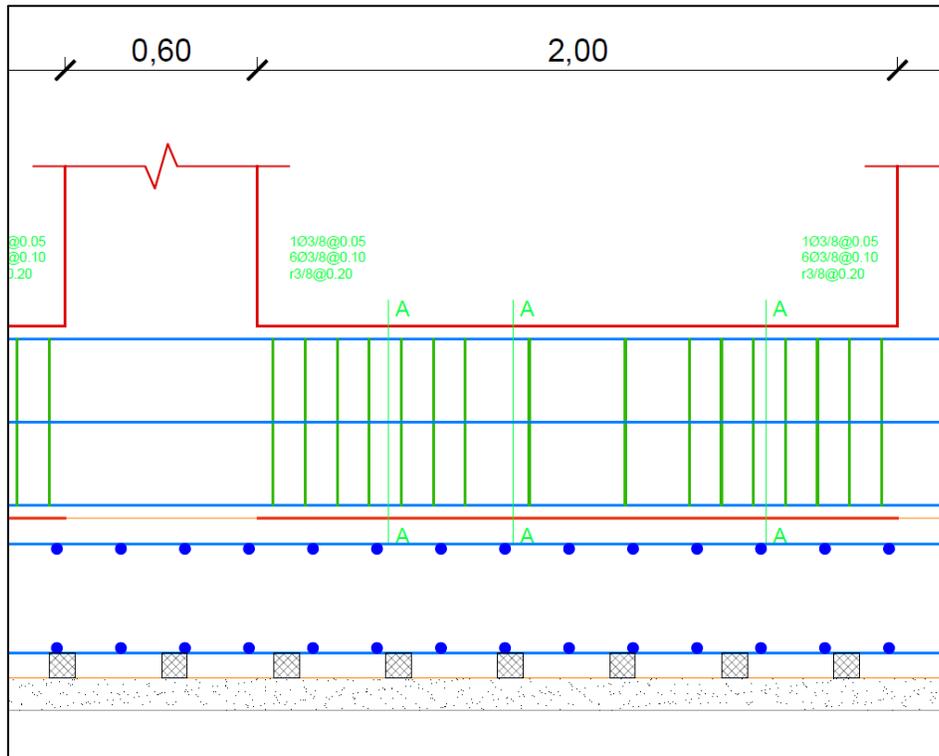


Fuente: Elaboración propia

El armado del sobrecimiento está conformado por acero longitudinal vertical de ½" de

diámetro cada 20cm y acero transversal horizontal de 3/8" cada 20cm.

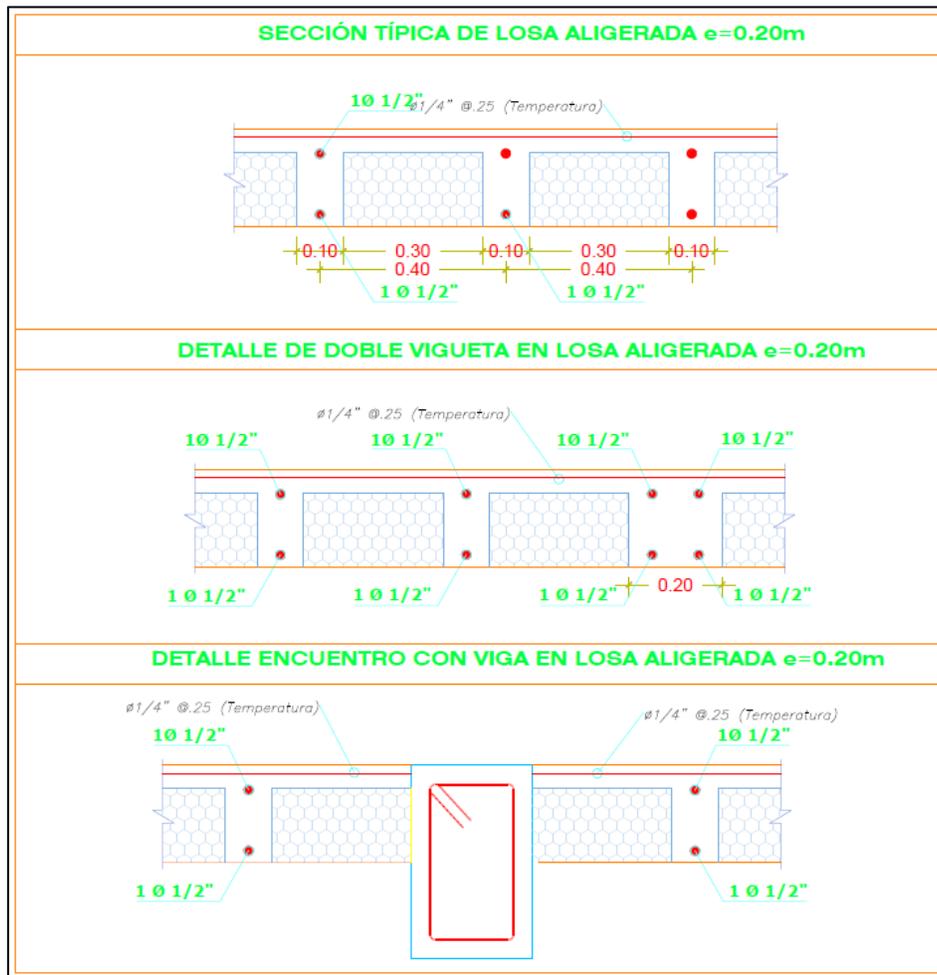
Figura 17: Armado de viga de conexión



Fuente: Elaboración propia

El armado de las vigas de conexión está conformado por 3 varillas de acero longitudinal en los extremos de 5/8", y los estribos espaciados 1 de 3/8" cada 5cm, 6 de 3/8" cada 10cm y el resto de 3/8" de diámetro.

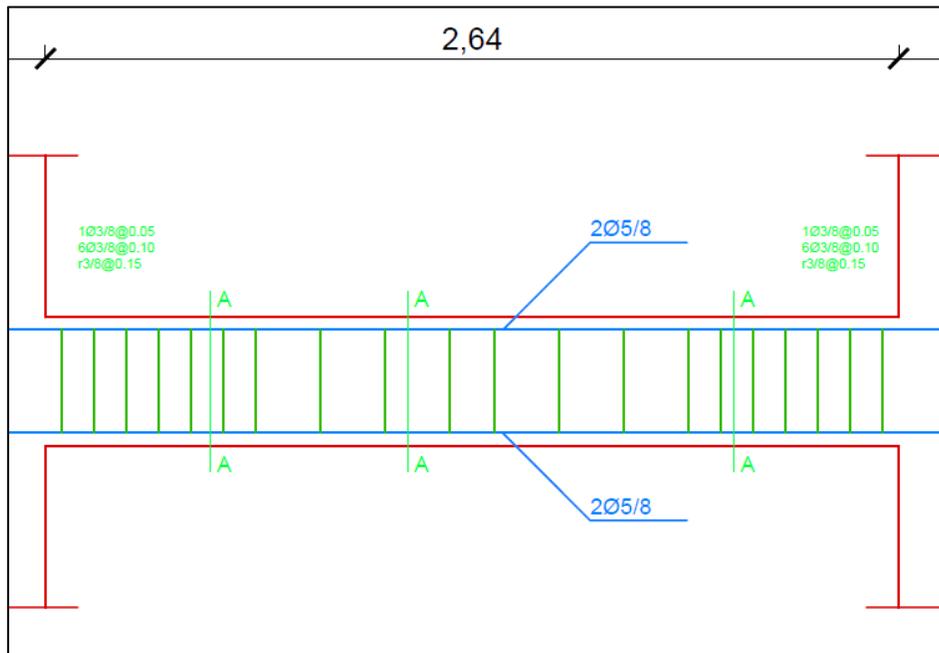
Figura 18: Armado de losa aligerada



Fuente: Elaboración propia

El armado de la losa aligerada está conformado por 1 varilla de acero longitudinal en de 1/2" superior e inferior, acero de temperatura de 1/4" cada 25cm.

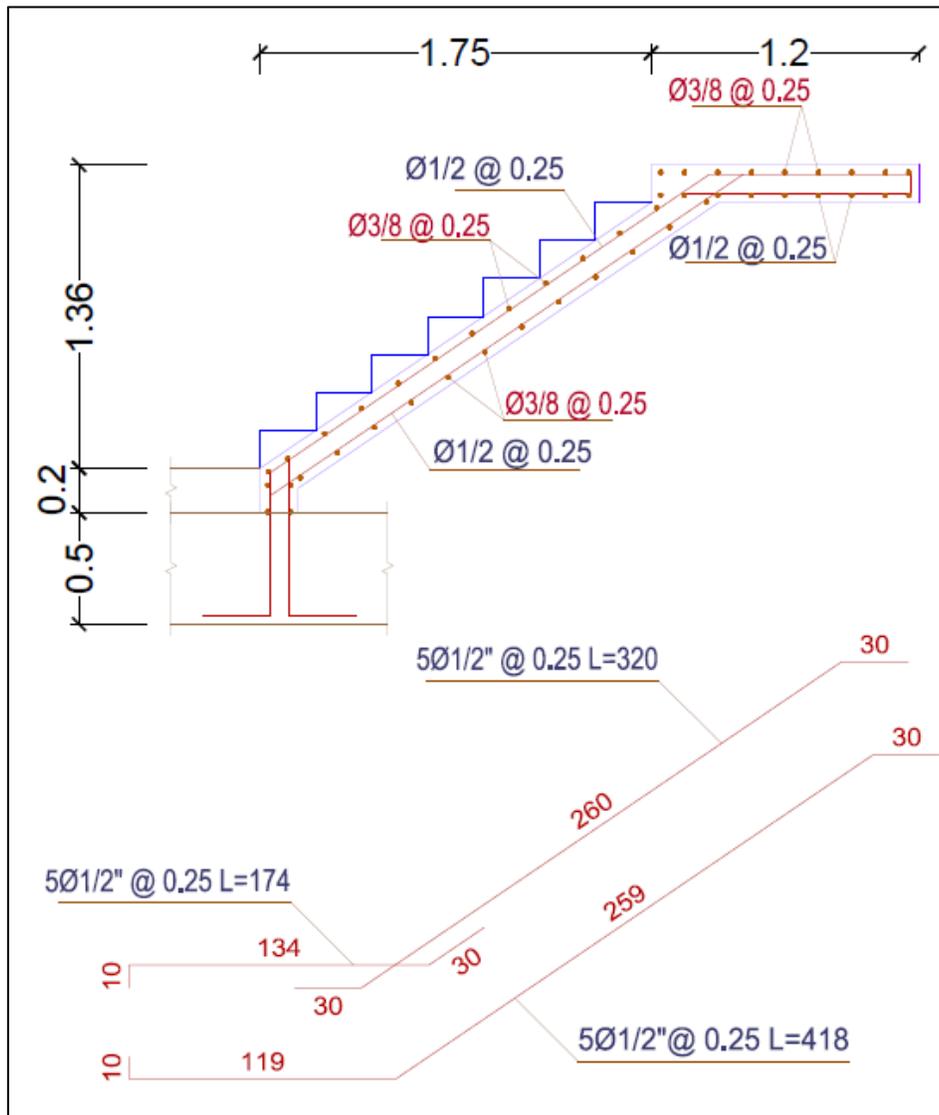
Figura 19: Armado de vigas peraltadas



Fuente: Elaboración propia

El armado de las vigas peraltadas está conformado por 4 varillas de acero longitudinal en los extremos de 5/8" y estribos espaciados 1 de 3/8" cada 5cm, 6 de 3/8" cada 10cm y el resto de 3/8" de diámetro.

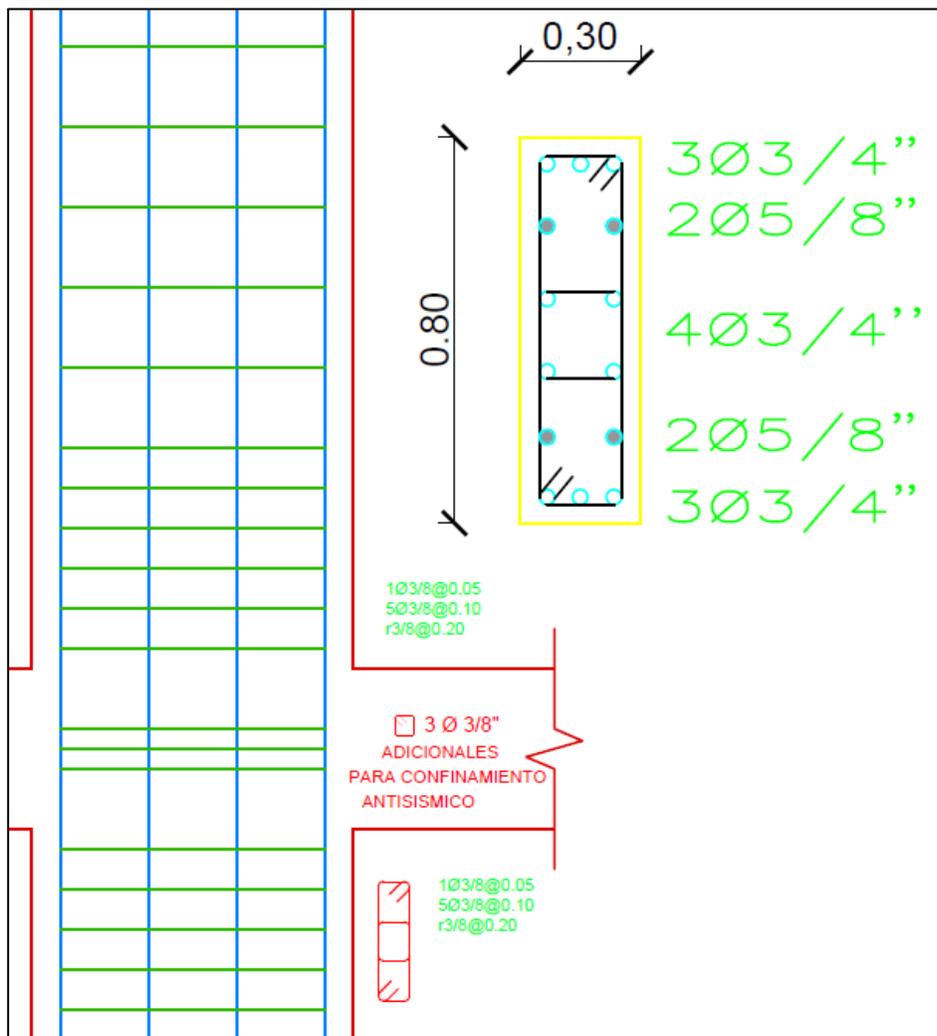
Figura 20: Armado de escaleras



Fuente: Elaboración propia

El armado de las escaleras está conformado por 5 varillas superiores e inferiores de 1/2" cada 25cm, acero transversal de 1/2" cada 25cm, acero transversal de 3/8" cada 25cm.

Figura 21: Armado de columnas



Fuente: Elaboración propia

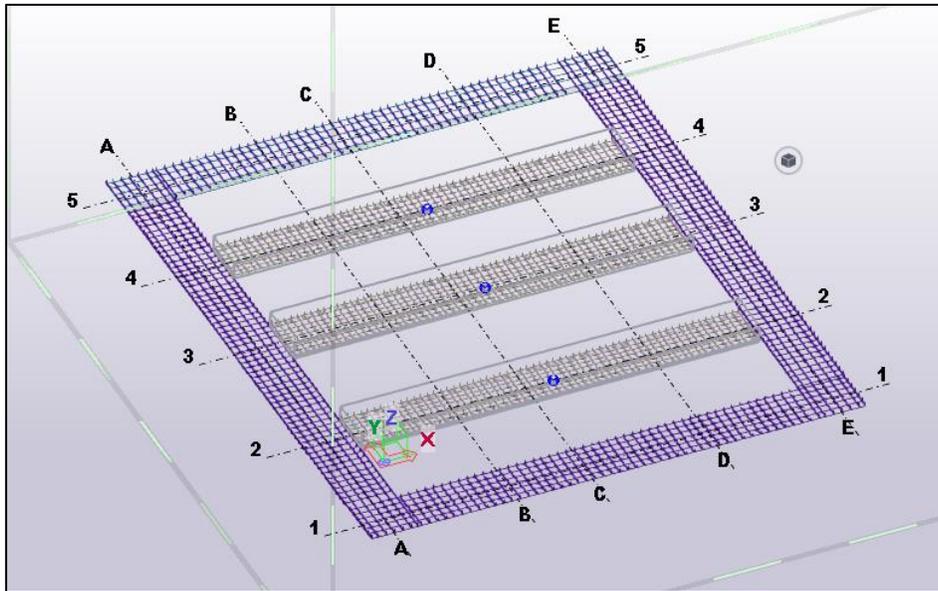
El armado de las columnas está conformado por 3 varillas longitudinales de $\frac{3}{4}$ ", 2 varillas longitudinales de $\frac{5}{8}$ ", 4 varillas longitudinales de $\frac{3}{4}$ ", 2 varillas longitudinales de $\frac{5}{8}$ " y 3 varillas longitudinales de $\frac{3}{4}$ "; los estribos están espaciados 1 de $\frac{3}{8}$ " cada 5cm, 5 de $\frac{3}{8}$ " cada 10cm y el resto de $\frac{3}{8}$ " cada 20cm. Considerando 3 estribos de $\frac{3}{8}$ " para un confinamiento antisísmico.

4.2. Modelamiento en Tekla Structures

Para el análisis de la reducción de desperdicios de acero que es del 15% respecto a la norma peruana, se hizo uso del Tekla Structures, para lograr una optimización de patrones de empalme y corte en vigas y columnas, el cual se basó en un modelado

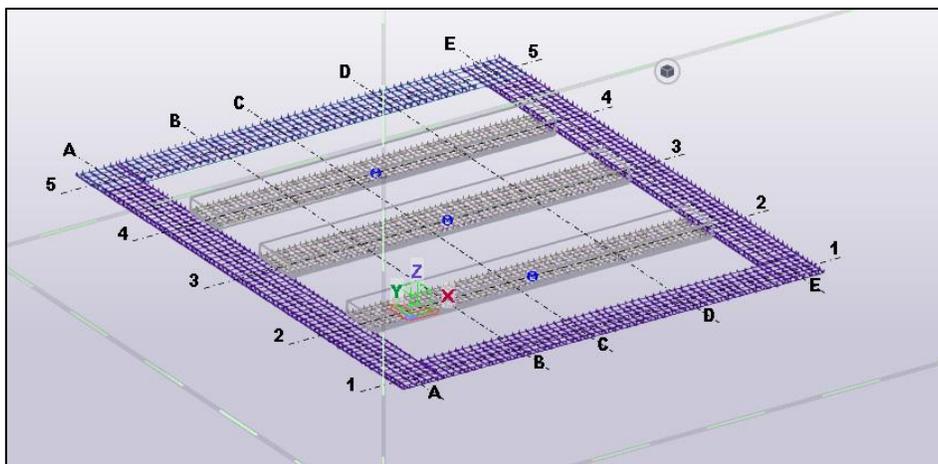
inicial de la siguiente forma para la edificación de 7 niveles, ya que los pisos eran típicos, se muestra el modelado del primer y segundo nivel.

Figura 22: Acero en cemento corrido – vista superior tridimensional



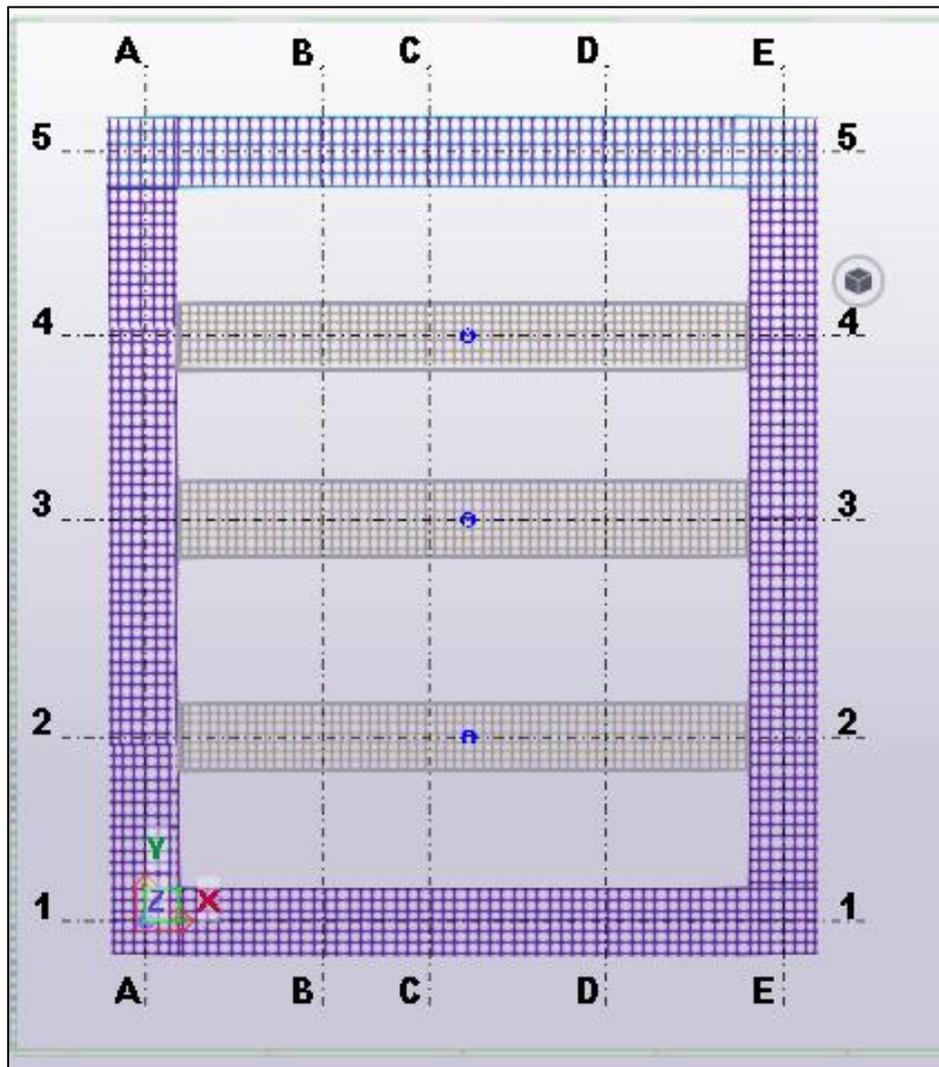
Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Acero en cemento corrido – vista lateral tridimensional



Fuente: Elaboración propia

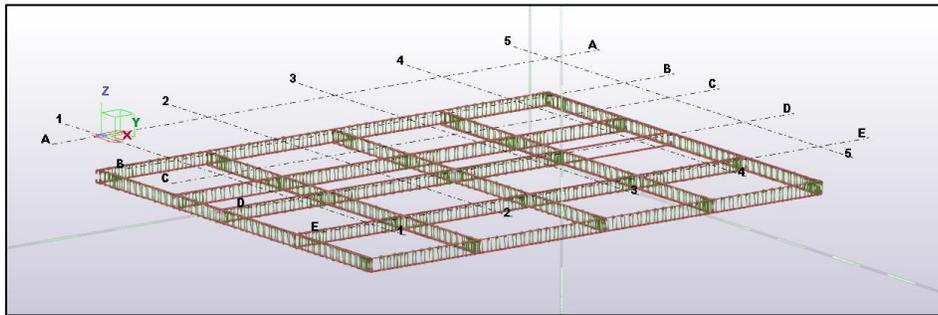
Figura 24: Acero en cimiento corrido – vista en planta



Fuente: Elaboración propia

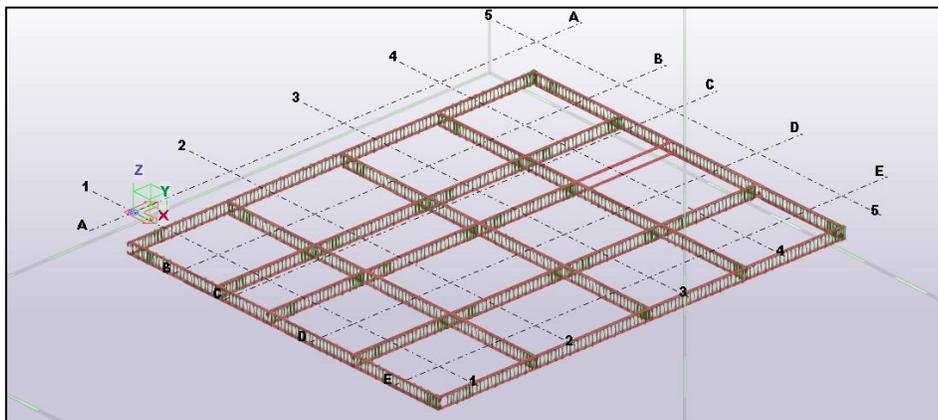
Se empezó a modelar en función a la continuidad estructural y criterios estructurales, iniciando así con el cimiento corrido con su debido armado de acero inicial, considerando cada una de las especificaciones que nos brinda el expediente técnico, se puede observar el detalle de la malla y el diámetro de acero utilizado.

Figura 25: Acero en vigas de conexión – vista lateral tridimensional



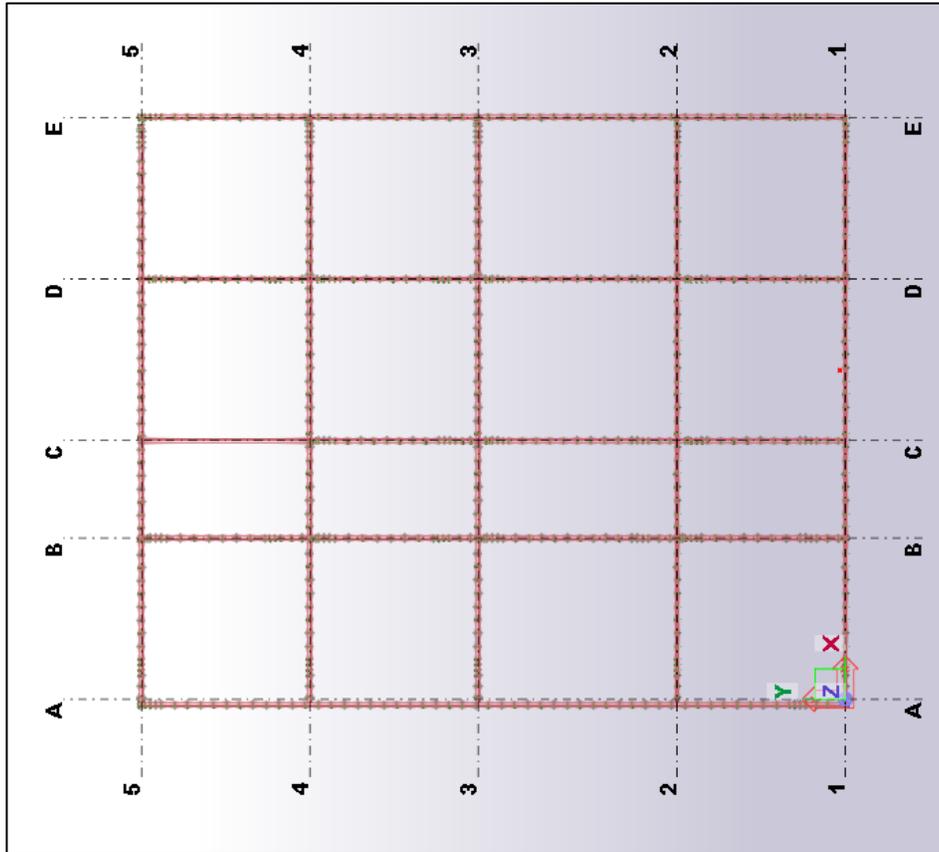
Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Acero en vigas de conexión – vista superior tridimensional



Fuente: Elaboración propia

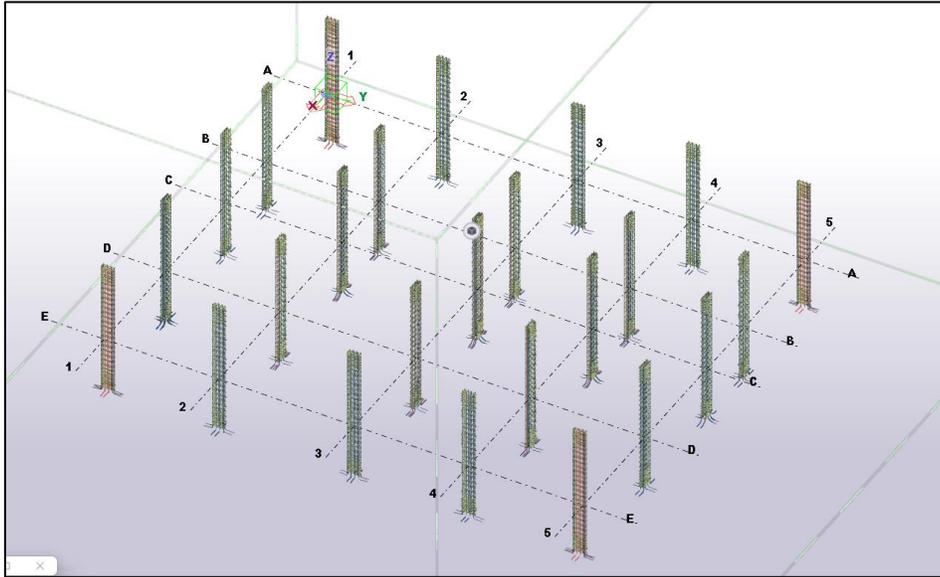
Figura 27: Acero en vigas de conexión – vista en planta



Fuente: Elaboración propia

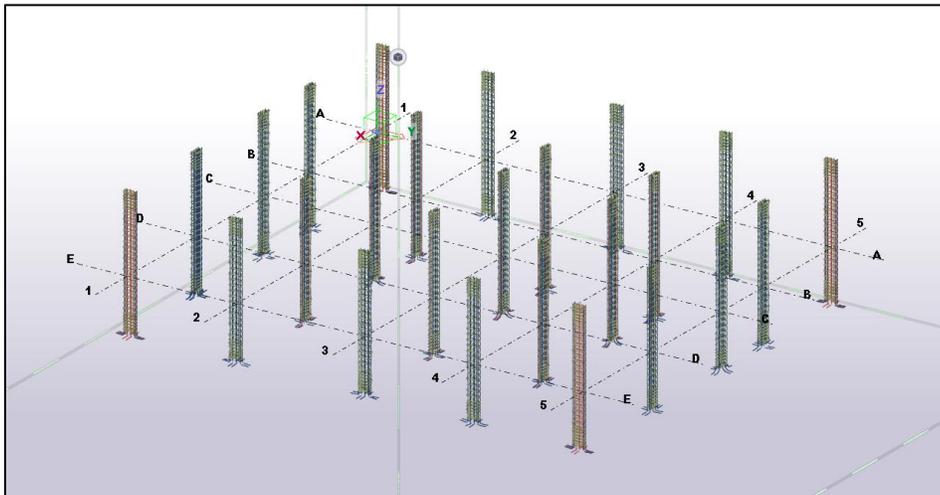
Posteriormente se procede al modelado de las vigas de conexión considerando el empalme de acero con el cemento corrido y la distribución de estribos antisísmicos.

Figura 28: Acero en columnas – vista superior tridimensional



Fuente: Elaboración propia

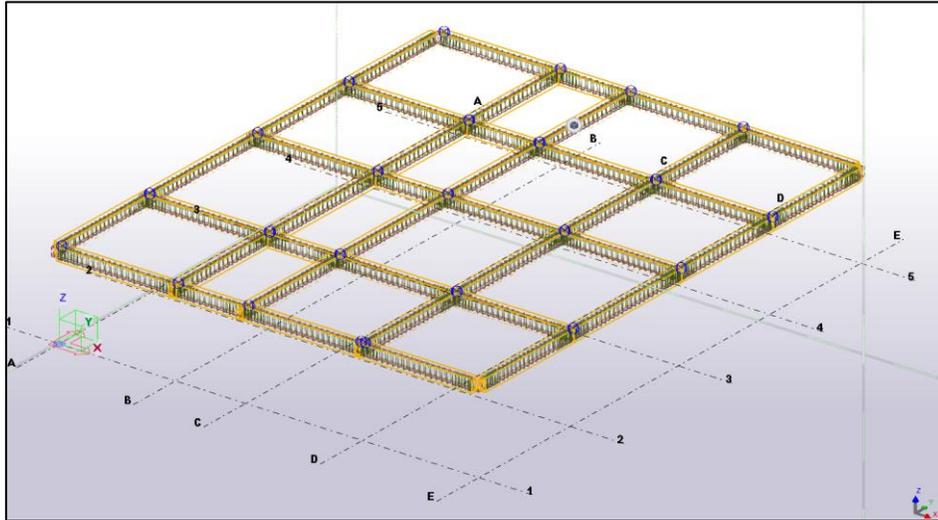
Figura 29: Acero en columnas – vista lateral tridimensional



Fuente: Elaboración propia

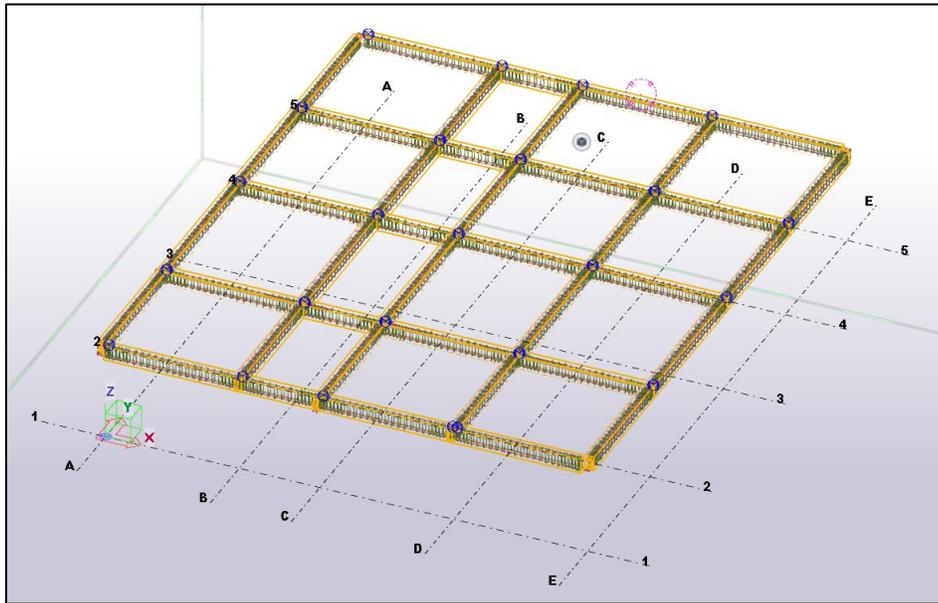
Las columnas se modelaron de forma consecutiva tomando en cuenta también el empalme con la malla y el espaciamiento de estribos a lo largo de la columna, en los puntos de conexión con las vigas de arriostre y el refuerzo de los tercios centrales.

Figura 30: Acero en vigas de arriostre – vista lateral tridimensional



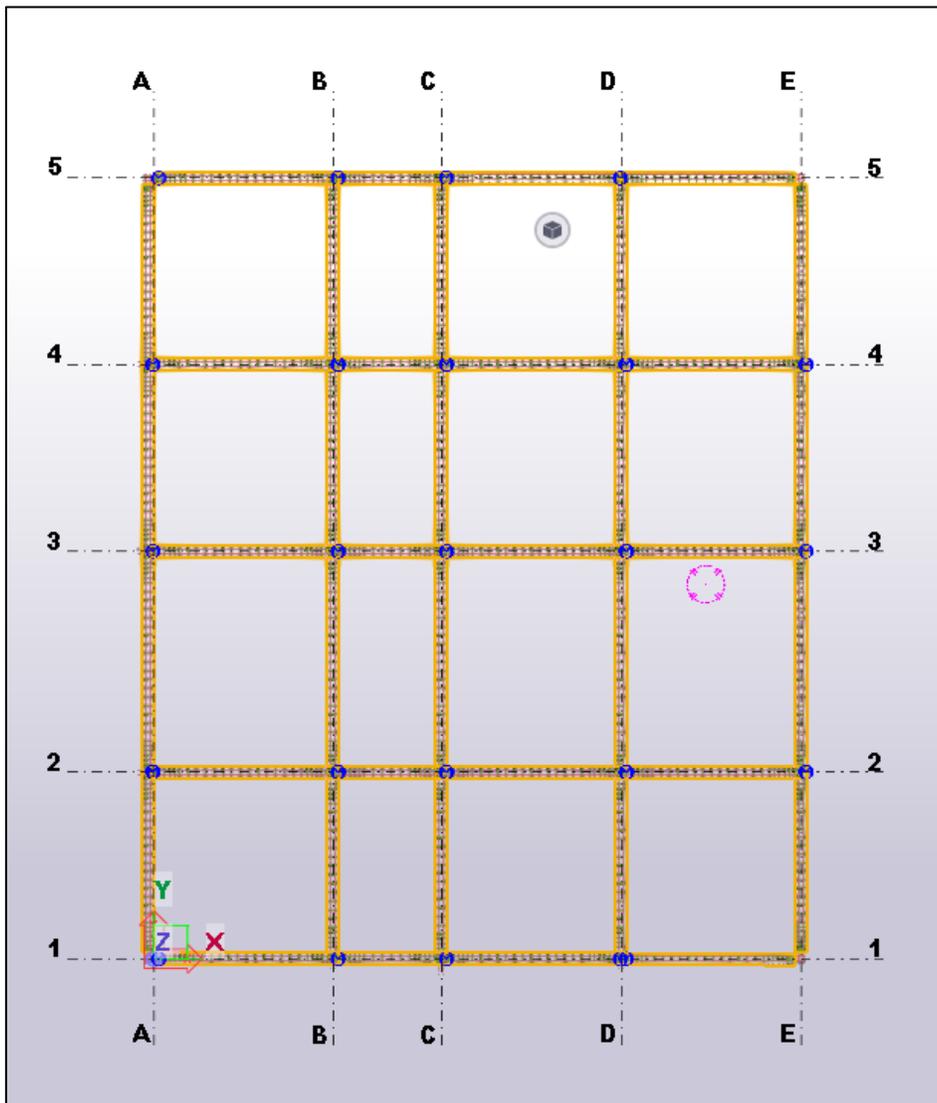
Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Acero en vigas de arriostre – vista superior tridimensional



Fuente: Elaboración propia

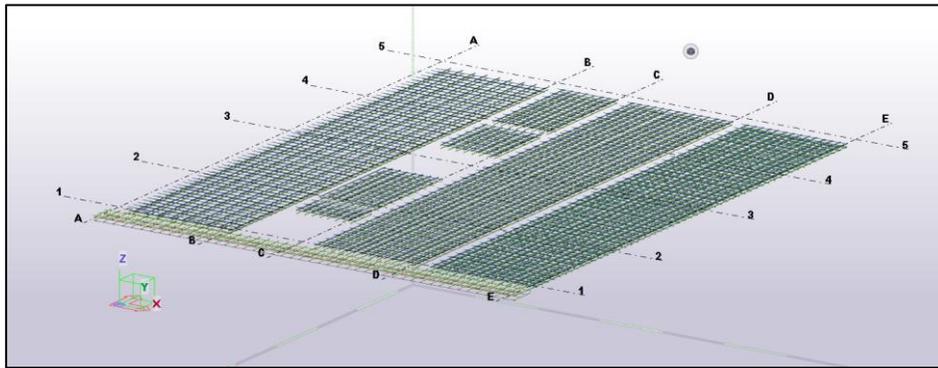
Figura 32: Acero en vigas de arriostre – vista en planta



Fuente: Elaboración propia

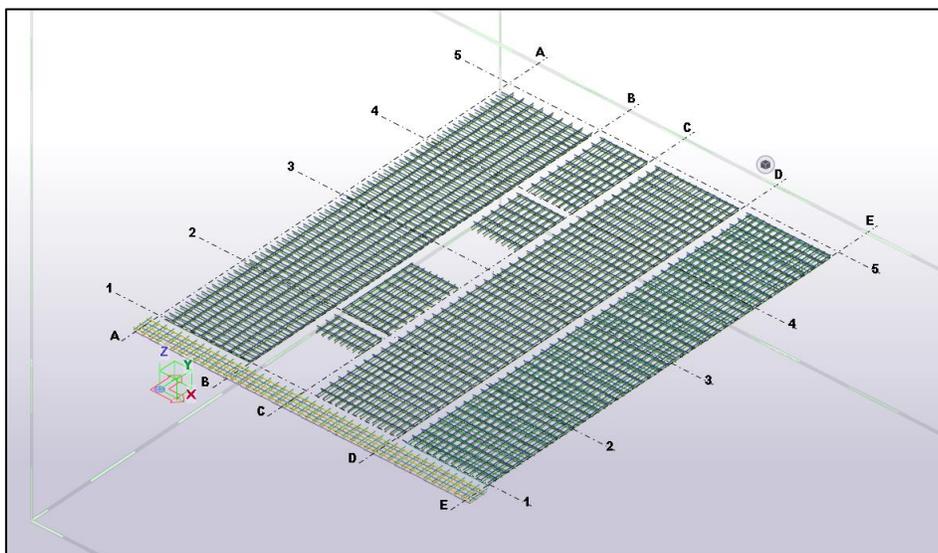
Las vigas de arriostre cuentan con las especificaciones por tramos de acuerdo a la luz y el empalme en luces grandes en los tercios centrales, los cuales serán nuestros puntos de análisis de corte y empalme, todas las columnas son consideradas de las mismas dimensiones al igual que las columnas, siendo todas peraltadas.

Figura 33: Acero en losa aligerada – vista lateral tridimensional



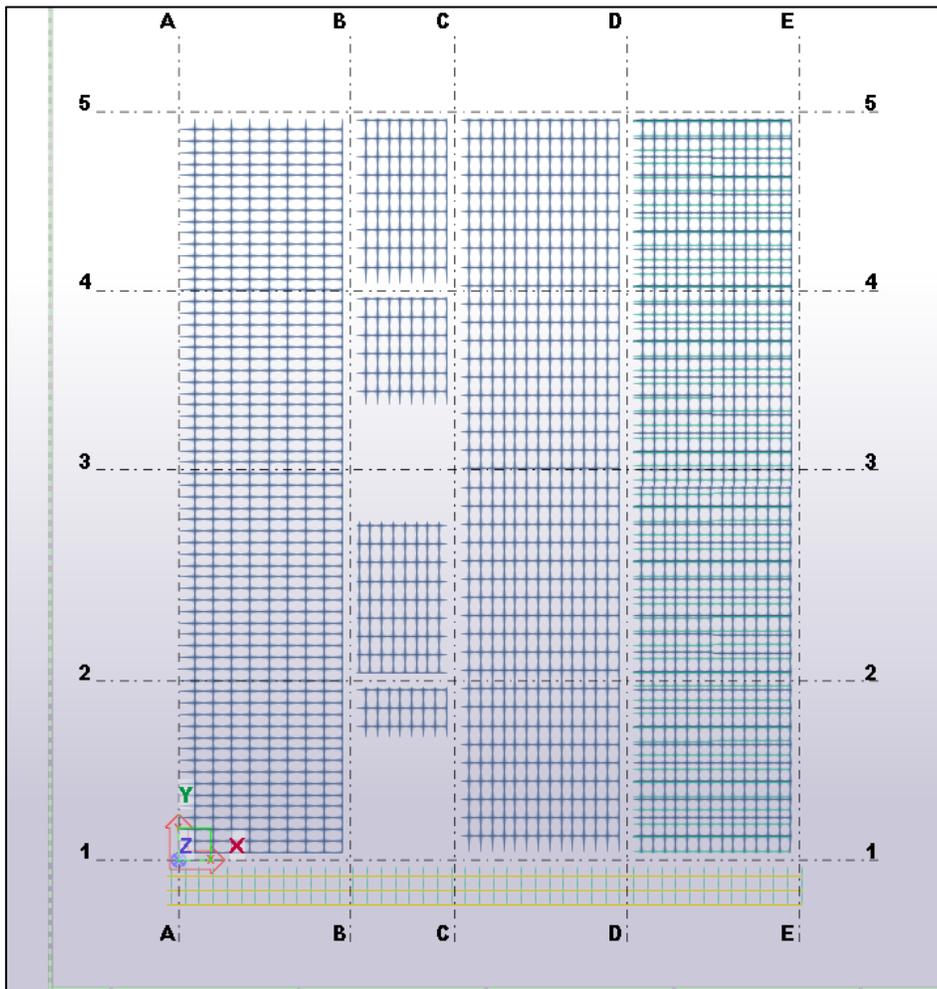
Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Acero en losa aligerada – vista superior tridimensional



Fuente: Elaboración propia

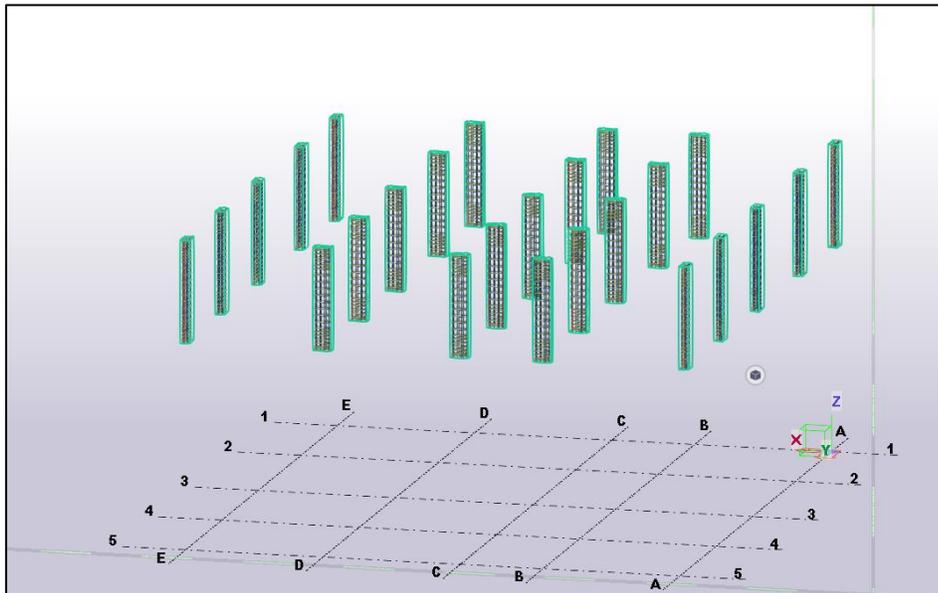
Figura 35: Acero en vigas de arriostre – vista en planta



Fuente: Elaboración propia

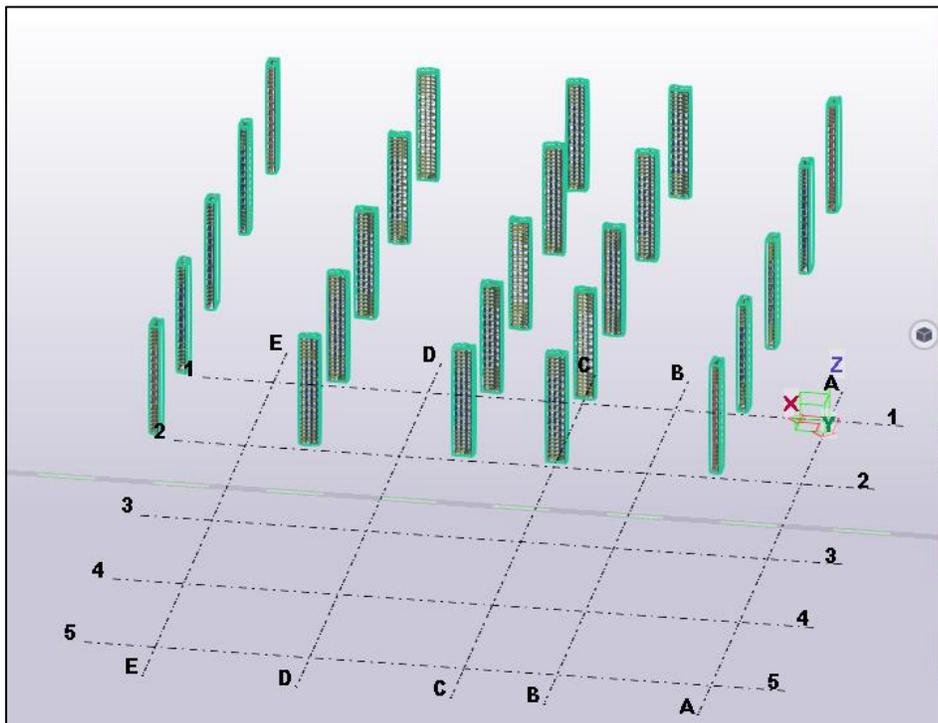
La losa que separa el primer y segundo nivel fue modelado con un enmallado total, dejando libre los espacios de tragaluz, con un refuerzo de acero en el volado, las consideraciones al igual que en los anteriores casos sobre el diámetro de varilla longitudinal y transversal.

Figura 36: Acero en columnas – segundo nivel – vista lateral tridimensional



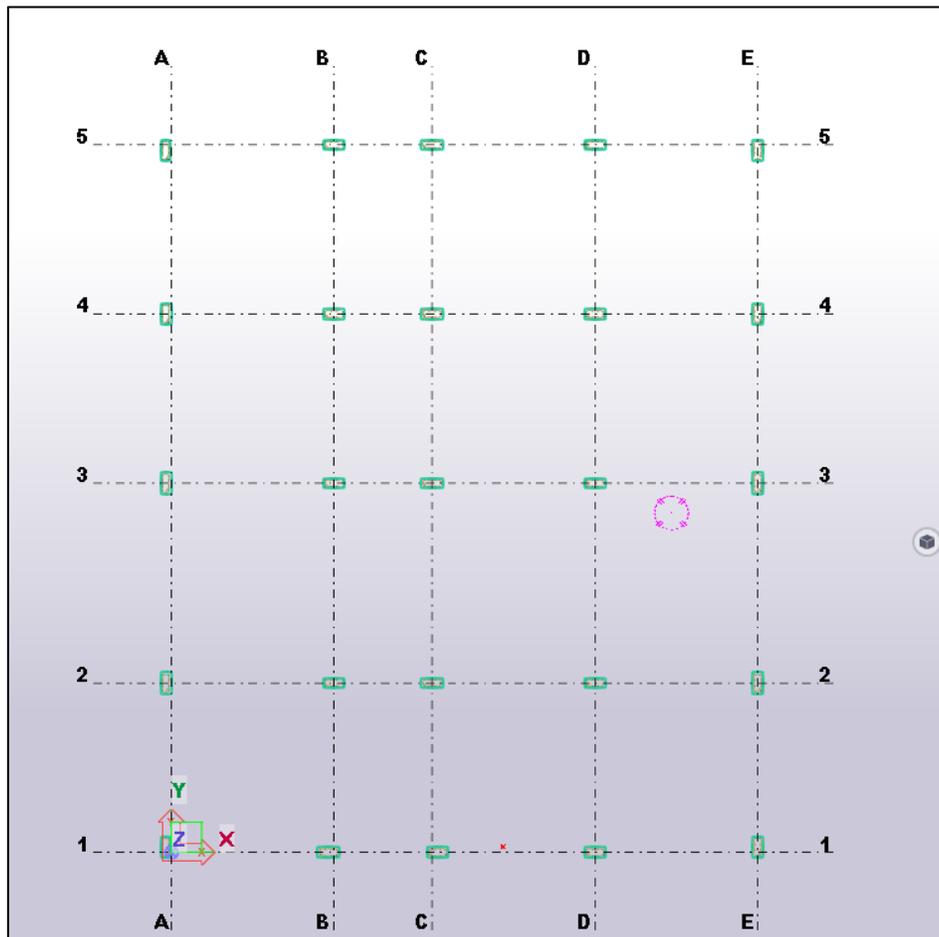
Fuente: Elaboración propia

Figura 37: Acero en columnas – segundo nivel – vista superior tridimensional



Fuente: Elaboración propia

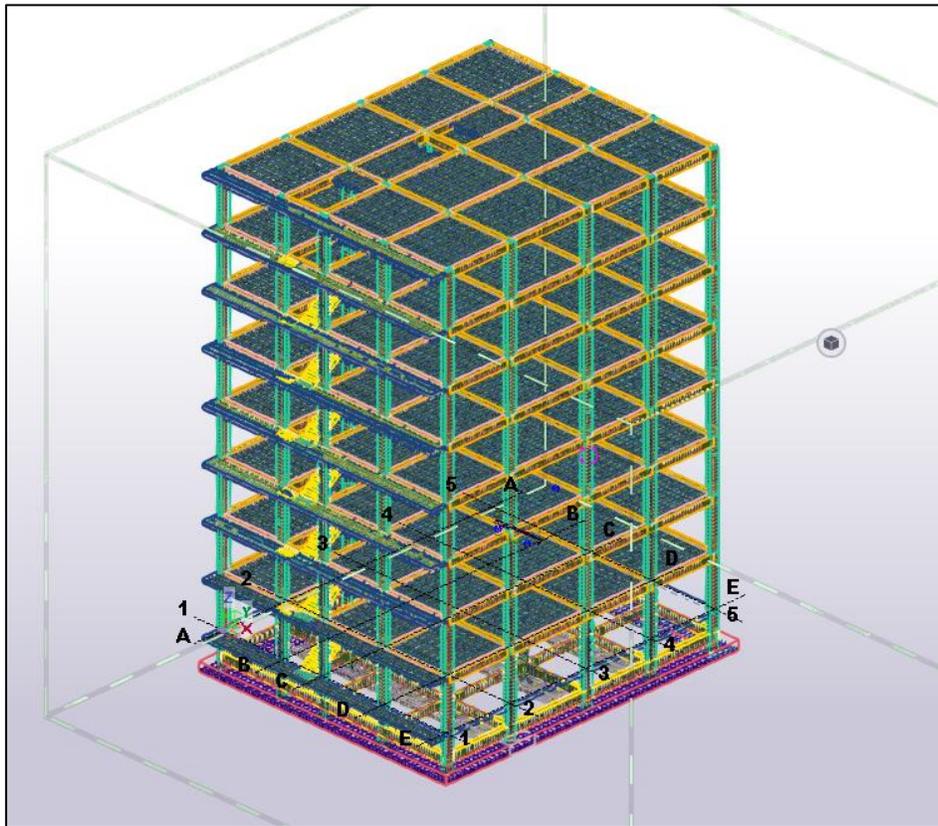
Figura 38: Acero en columnas – segundo nivel – vista en planta



Fuente: Elaboración propia

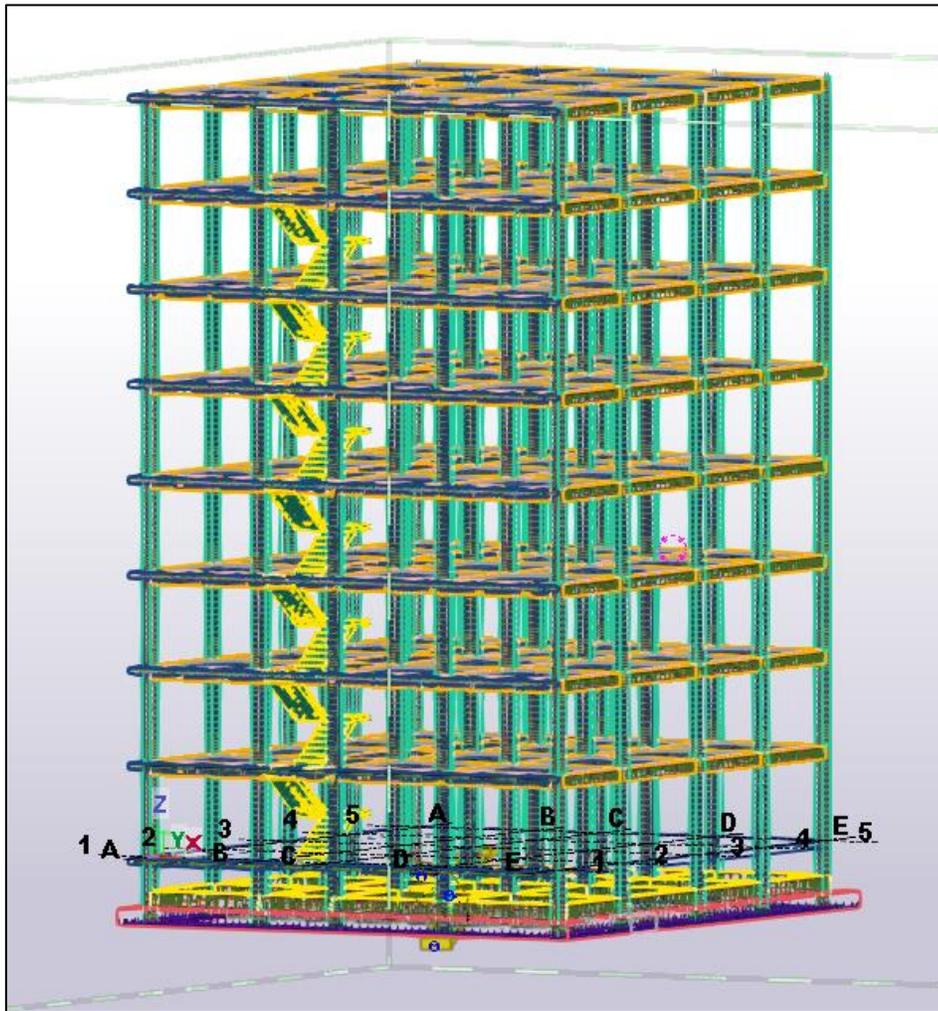
Terminado los elementos estructurales del primer nivel se realizó el mismo procedimiento para las columnas y vigas del segundo nivel y posteriores niveles debido a que se presentan pisos típicos

Figura 39: Modelado finalizado – vista superior tridimensional



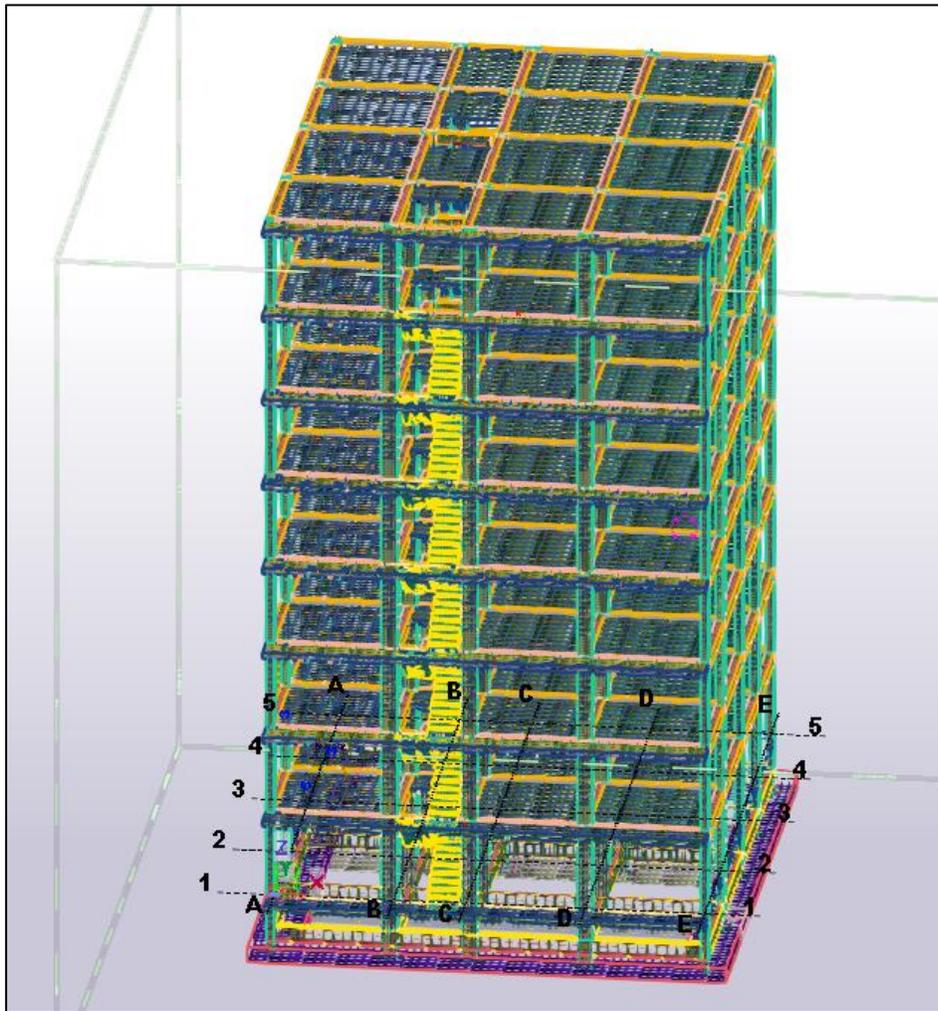
Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Modelado finalizado – vista lateral tridimensional



Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Modelado finalizado – vista anterior tridimensional



Fuente: Elaboración propia

Con esto se puede apreciar el modelado final de los siete niveles considerando todos los elementos estructurales, uniones, empalmes iniciales y criterios estructurales y de construcción. Con este modelado se desarrolló el análisis del corte y empalme para reducir los desperdicios propuestos por la norma que son del 15%.

4.3. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.3.1. Resultados respecto al objetivo específico 1

Para el objetivo específico 1 el cual señala: Determinar la reducción de desperdicios de acero al examinar los patrones de empalme en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures, tras la evaluación de la muestra respecto a las variables: optimización del empalme y corte de acero; y reducción de desperdicios de acero se obtuvo los resultados siguientes considerando 8 combinaciones de empalme.

Tabla 4: Porcentaje de desperdicio en la optimización de empalme

Patrones de optimización de empalme	Porcentaje de desperdicio
Patrón 0 de empalme Expediente	%
Patrón de empalme C1:	2.41
Patrón de empalme C2	2.79
Patrón de empalme C3:	2.79
Patrón de empalme C4:	3.17
Patrón de empalme C5:	4.61
Patrón de empalme C6:	4.99
Patrón de empalme C7:	4.99
Patrón de empalme C8:	5.37

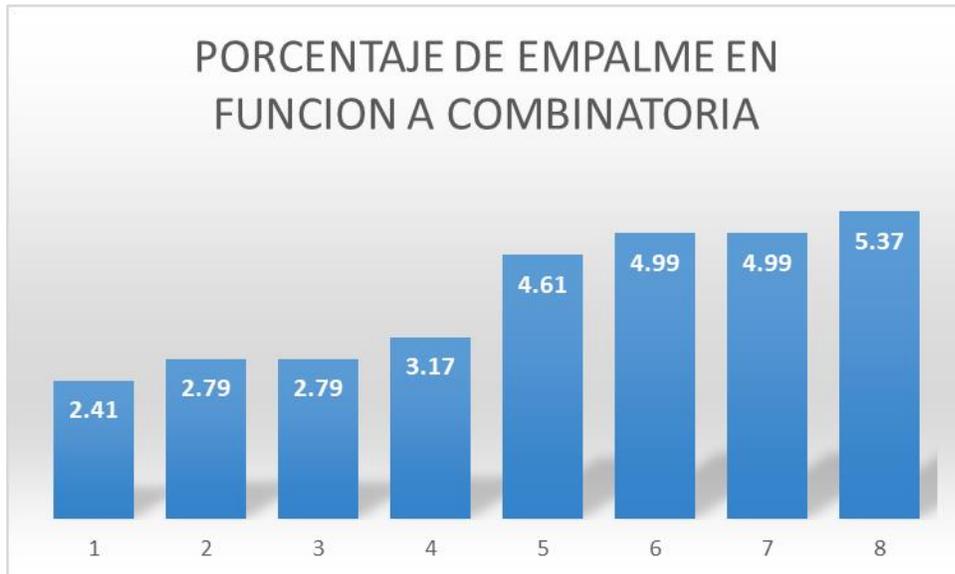
Fuente: Elaboración propia

Explicación de los criterios de empalme

Dentro de la comparación de los cuatro criterios de empalme se utilizó las características que la normativa vigente indica (RNE), teniendo como principal objetivo evaluar como el empalme del acero corrugado de los elementos de un pórtico estructural varían para cada caso.

Interpretación:

De acuerdo a los datos obtenidos se evidencia que estos criterios de evaluación tienen relevancia por la variación del porcentaje de empalme y esto teniendo relación con el siguiente criterio de observación.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Los porcentajes de reducción del empalme varían de acuerdo al cuadro n°4 en relación directamente proporcional y muestran la relación del despiece versus la reducción del empalme.

4.3.2. Resultados respecto al objetivo específico 2

Para el objetivo específico 2 el cual señala: Determinar la reducción de desperdicios de acero al examinar los patrones de despiece en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures, tras la evaluación de la muestra respecto a las variables: optimización del empalme y corte de acero; y reducción de desperdicios de acero se obtuvo los resultados siguientes considerando x criterios de despiece:

Tabla 5: Porcentaje de desperdicio en la optimización de despiece

Patrones de optimización de despiece	Porcentaje de desperdicio
Patrón 0 de empalme Expediente	%
Patrón de empalme C1:	16.68
Patrón de empalme C2	16.95
Patrón de empalme C3:	16.34
Patrón de empalme C4:	16.58
Patrón de empalme C5:	15.53
Patrón de empalme C6:	15.80
Patrón de empalme C7:	15.16
Patrón de empalme C8:	15.44

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a los datos obtenidos se evidencia que le despiece varia de forma no proporcional a los criterios de empalme y este genera la relevancia de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Los porcentajes de reducción del empalme varían de acuerdo al cuadro n°4 en relación directamente proporcional y muestran la relación del despiece versus la reducción del empalme.

4.4. Resultados respecto al objetivo general

Para el objetivo general el cual señala: Determinar la reducción de los desperdicios de acero optimizando los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures, tras la evaluación de la muestra respecto a cada objetivo específico:

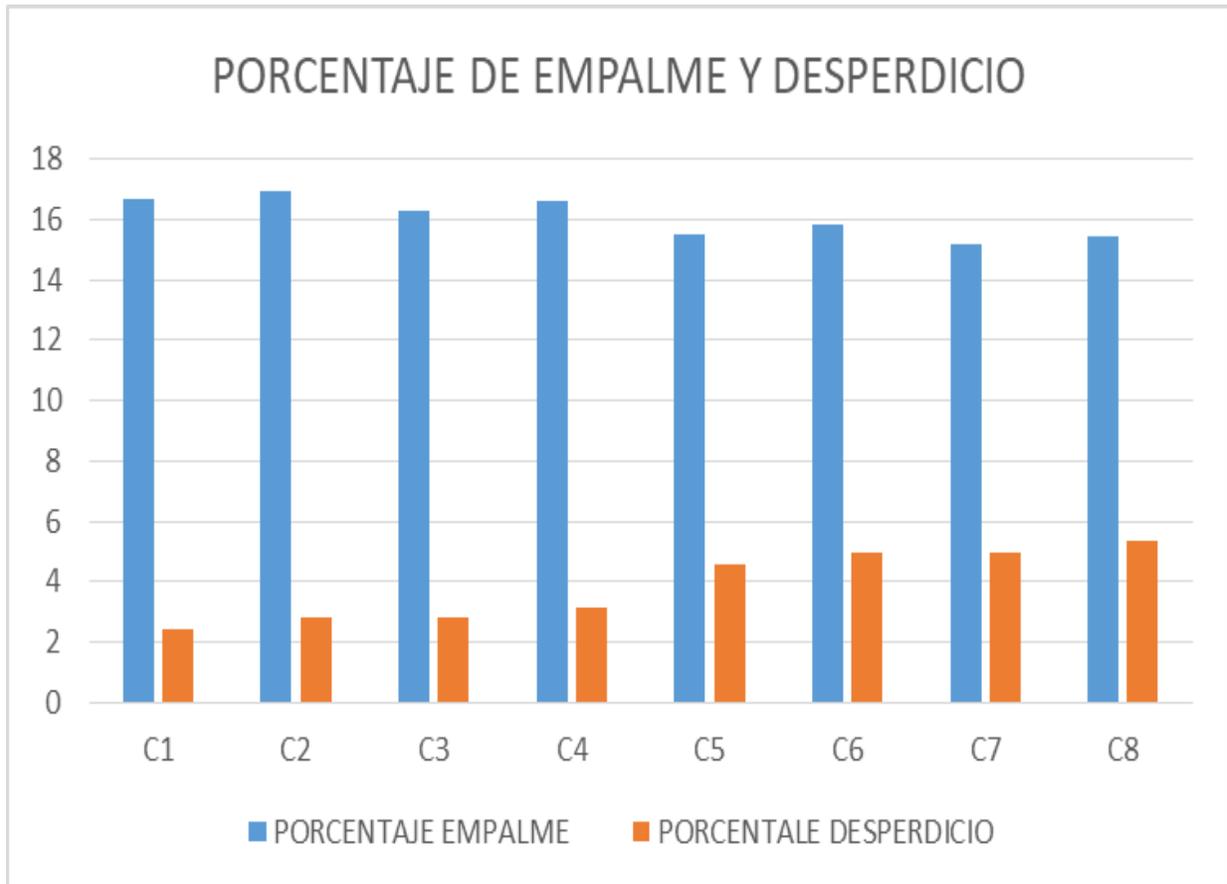
Tabla 6: Porcentaje de desperdicio y reducción en la optimización de empalme y despiece de acero en vigas y columnas

Patrones de optimización de despiece y empalme	Porcentaje de empalme	Porcentaje de desperdicio
Patrón 0 de empalme Expediente	%	0%
Patrón de empalme C1:	2.41	16.68
Patrón de empalme C2	2.79	16.95
Patrón de empalme C3:	2.79	16.34
Patrón de empalme C4:	3.17	16.58
Patrón de empalme C5:	4.61	15.53
Patrón de empalme C6:	4.99	15.80
Patrón de empalme C7:	4.99	15.16
Patrón de empalme C8:	5.37	15.44

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

El patrón de empalme C7 es quien nos brinda un desperdicio menor siendo este de 15.16 % del total. Además, cabe recalcar que el patrón con menor cantidad de empalme no es el que menor cantidad de desperdicio genera.



Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Discusión 01:

Moussavi et al.(2018), tuvieron como objetivos de investigación identificar disposiciones óptimas de barras de refuerzo que resultarán en una serie de patrones de corte con una mínima cantidad de pérdidas de recorte de varillas de acero de refuerzo de columnas y muros de corte, reduciendo de esta forma el recorte de acero en todo el proyecto y por último minimizar los desperdicios de corte de acero aprovechando la flexibilidad en la selección de la ubicación de empalmes traslapados. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya la población fueron las estructuras de concreto armado centrado la atención las columnas y muros de corte de una edificación de 6 pisos. El instrumento utilizado para esta investigación fueron módulos de recopilación de datos de modelos BIM, como el número de pisos, altura de pisos, dimensiones de las barras de acero en cada columna y muro de corte, la superposición y longitudes de gancho, espesor de losa y profundidad de cimientos. Los principales **resultados** fueron que se obtuvo una disminución del 50.7% y 55.7% en términos de desperdicios de acero en general y una reducción del 7.7% y 11.8% en el consumo de acero de refuerzo para columnas y muros de corte respectivamente, esto como resultado de optimizar los patrones de traslapado y corte de varillas de acero.

Para el objetivo específico 01 de la presente investigación, los resultados obtenidos en la tabla 4, comparados con moussavi et al. (2018) Que muestra el desperdicio de acero, se puede reducir del 7.7% al 11.8% lo que genera una variación porcentual de 4.1 %, entonces este análisis no guarda relación con nuestros resultados; ya que nuestro desperdicio en empalme figura entre el 2.41% al 5.37% sin embargo se muestra una variación porcentual similar a la de nuestros antecedentes con una obtención de 2.95%.

Discusión 02:

Alshemmare y Ali (2021), tuvieron como objetivos de investigación desarrollar un modelo matemático y un procedimiento para disponer alternativas de corte con pérdidas mínimas de acero para cada diseño de edificación. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya población fue enfocada a la evaluación de diez edificaciones de varios pisos construidos en los últimos años en Bahrein. Los instrumentos empleados fueron. Los instrumentos que se utilizaron fueron fichas que contenían los datos recolectados cuya información describía las características estructurales de las edificaciones de estudio que serán la fuente para probar la eficiencia de los modelos matemáticos planteados. Los principales resultados obtenidos fueron que el coste de las barras de acero ronda el 12% del coste total de los suministros de obra requeridos para su ejecución y los porcentajes de desperdicio en el Reino de Bahréin es alrededor del 15% hasta 25%. Lo cual muestra la importancia de optimizar los procesos de corte de acero. Al implementar los modelos matemáticos se llegó que los desperdicios se reducen en un 4.4%.

Para el objetivo específico 02 de la presente investigación, los resultados obtenidos en la tabla 8, comparados con Alshemmare y Ali (2021) como resultado muestra el desperdicio de acero entre el 15 % al 25 % lo que no escapa de nuestros resultados, que se encuentran entre 16.95 % y 15.16%. Obteniendo como combinatoria eficiente el de 15.16%.

Discusión 03:

(Loayza, Munayco y Vilchez 2018) tuvieron como objetivos de investigación realizar mejoras en la organización, gestión y control de residuos de materiales en proyectos de edificación en la costa del Perú, a través de análisis de información cuantitativa de proyectos para de esta manera poder optimizarlos de mejor manera reduciendo costos y recursos utilizados en la edificación. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica, cuya la población fue la ampliación del centro comercial Plaza San Miguel. El instrumento utilizado para esta investigación fue fichas que recolectaban los datos, esta vendría a ser información de campo. Los principales resultados fueron que el acero se logró reducir desde un valor de 0.0619 hh/kg a 0.0504 hh/kg obteniendo un promedio de 0.056 hh/kg, logrando de esta manera reducir los desperdicios de horas hombre en 0.002 hh/kg. Los desperdicios de acero (material) se han logrado reducir de un 6.02% que se tuvo a finales del mes de abril del año 2018 a un valor porcentual de 3.37% a finales del mes de junio del 2018, aunque aún este valor es superior en un 0.37% por encima de los residuos previstos en el expediente donde se planificó un total del 3%. Los desperdicios de concreto (material) se lograron reducir a 4.69% a finales de junio de 2018 de un porcentaje inicial de 7.24% a finales del mes de abril logrando un 0.31% por debajo del desperdicio provisto en el presupuesto donde se planificó un total del 5%.

De acuerdo a nuestra presente investigación el resultado obtenido mediante el desarrollo del objetivo general se contrastó 4.99% del empalme menos y siendo el volar de la reducción del desperdicio 15.16% con la combinatoria C7 por lo que la hipótesis planteada es correcta, por lo cual aducimos que la investigación presente tuvo resultados más óptimos.

Discusión 04:

Lee et al. (2020), tuvieron como objetivos de investigación el proponer un algoritmo de minimización de residuos de corte optimizando las longitudes especiales y stock. Este estudio fue de tipo aplicada o práctica cuya población fue una edificación de 20 niveles con sótano ubicada en Corea de 66.644 m² de superficie de terreno y 3970m² de área de construcción. El instrumento utilizado para esta investigación fue fichas que contenían los datos recolectados cuya información contenía las características estructurales de la edificación y dimensiones de acero utilizado para poder validar los algoritmos planteados. Los principales resultados fueron, primero que para la optimización de barras de refuerzo D25, la tasa de desperdicios fue de 0.58% y para las longitudes estándar fue de 1.58%. Concluyendo que la optimización por longitud especial redujo los desperdicios de acero de mejor manera que por la combinación de longitudes existentes. La cantidad de toneladas de acero propuestas para el proyecto fue de 1942.05 ton sin embargo la cantidad al optimizar los cortes según los algoritmos fueron de 1824.75 ton lo que significó un ahorro 98.976 USD en costos de construcción.

De acuerdo a nuestra presente investigación el resultado obtenido se contrastó 15.16% teniendo casi una similitud mínima en los resultados Concluyendo que la optimización por longitud especial redujo los desperdicios de acero.

VI. CONCLUSIONES

1. Para la hipótesis específica n° 01, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo del objetivo específico n° 01 se contrastó 2.41% es el valor menor y más eficiente por lo que la hipótesis planteada es correcta.
2. Para la hipótesis específica n° 02, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo del objetivo específico n° 02 se contrastó 15.16% por lo que la hipótesis planteada es correcta.
3. Para la hipótesis general, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo del objetivo general se contrastó 4.99% del empalme menos y siendo el volar de la reducción del desperdicio 15.16% con la combinatoria C7 por lo que la hipótesis planteada es correcta.

VII. RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda sobre la base de la investigación, y teniendo en cuenta que existe un porcentaje de uso ineficiente del acero, hacer una revisión del acero colocado en obra y supervisar el correcto cumplimiento de los planos de esta manera conocer cuál es la causa que provoca mayor desperdicio.

2.- La presente investigación plantea soluciones de optimización inclusive para casos de dos y tres dimensiones, teniendo la posibilidad de aplicarla a diferentes casos dentro del ámbito de la gestión, y control de proyectos en ingeniería.

3.- Se sugiere la ejecución de un: “Plan de ejecución de acero en obra” como futura investigación, usando y aplicando la información de la presente investigación; desde el punto de vista de la construcción, se presenta algunas limitantes, que pueden ser superadas en próximas investigaciones, donde no sólo sea posible emplear un tipo de longitud, en este caso nueve metros; si no que se analice con la longitud de doce metros.

REFERENCIAS

- ACEROS AREQUIPA, 2021. Manual del Maestro Constructor. .
- ACEROS AREQUIPA, 2022. Manual de Construcción para Maestros de Obra. [en línea], Disponible en: <https://www.acerosarequipa.com/manual-para-maestro-de-obra/anexos/hoja-tecnica.html>.
- ALSHEMMARE, J.M. y ALI, B., 2021. Trim Loss Optimisation For Construction Rebar Steel: Development Of Decision Support System. *Academy of Strategic Management Journal*, vol. 20, no. 5, pp. 1-13.
- CABALLERO, A.R., 2011. *Metodología de la Integral Innovadora para Planes y Tesis*. S.l.: s.n. ISBN 9786124519208.
- CADENA, D.F., CANDO, C.E. y CHACHA, J.J., 2019. Recuperación Y Reciclaje De Residuos De La Construcción En Latinoamérica. , pp. 1-8.
- DANATZKO, J.M. y SEZEN, H., 2011. Sustainable structural design methodologies. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, vol. 16, no. 4, pp. 186-190. DOI 10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000095.
- GALARZA, M., 2014. *Desperdicio De Materiales En Obras De Construcción Civil: Metodos De Medicion Y Control*. S.l.: s.n.
- GALARZA, M., 2020. REDUCCIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN. *Construcción Integral*, vol. 9.
- GALLARDO, E., 2017. Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo I. *Universidad Continental*, vol. 1, pp. 98.
- GRACIA CALANDÍN, C.P., 2010. *Métodos y Algoritmos para resolver problemas de Corte unidimensional en entornos realistas . Aplicación a una empresa del Sector Siderúrgico* . S.l.: s.n.
- GUERRERO, G. y GUERRERO, M., 2014. Metodología de la investigación. , pp. 103.
- LEE, D., SON, S., KIM, D. y KIM, S., 2020. Special-length-priority algorithm to minimize reinforcing bar-cutting waste for sustainable construction. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 15. DOI 10.3390/SU12155950.
- LOAYZA, L., MUNAYCO, L. y VILCHEZ, C., 2018. *Mejora de gestión de los desperdicios en obras de construcción – edificaciones proyecto “Plaza San Miguel*

- 2° ampliación". S.l.: s.n.
- MATVIYISHYN, Y. y JANIYAK, T., 2019. Minimization of steel waste during manufacture of reinforced concrete structures. *AIP Conference Proceedings*. S.l.: s.n., ISBN 9780735418059. DOI 10.1063/1.5091901.
- MOUSSAVI, Z., HAMMAD, A., XIAO, J. y ALI, A., 2018. Minimizing cutting wastes of reinforcing steel bars through optimizing lap splicing within reinforced concrete elements. ,
- PRADOS, S. y CARDENILLO, A., 2020. *Diseño estructural sostenible en hormigón armado*. 2020. S.l.: s.n. ISBN 9789874415776.
- QUIROGA, C., 2022. Residuos de construcción y demolición. *Construcción Latinoamericana*.
- RNE, 2020a. *Norma E.060 Concreto Armado*. 2020. S.l.: s.n. ISBN 9789972943348.
- RNE, 2020b. *NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA*. 2020. S.l.: s.n.
- SALEM, O., SHAHIN, A. y KHALIFA, Y., 2007. Minimizing Cutting Wastes of Reinforcement Steel Bars Using Genetic Algorithms and Integer Programming Models. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 133, no. 12, pp. 982-992. ISSN 0733-9364. DOI 10.1061/(asce)0733-9364(2007)133:12(982).
- SALGADO, C. y LEVANO, 2018. *Teoría y práctica para hacer la tesis según la metodología cuantitativa*. S.l.: s.n. ISBN 978-612-4194-17-7.
- SAMPIERI, H., 2018. *Metodología de la investigación*. 6. S.l.: s.n.
- SENA, 2019. Modulo 3: Planos estructurales, despiece y cantidades estructurales. *Interpretación de planos*. S.l.: s.n., pp. 1-10.
- SORIANO, K., 2016. Evaluacion del Sistema de Despiece de Aceros Astm-A615 en Edificaciones en la Ciudad de Huancayo. , pp. 219.
- TRIMBLE, 2022. Tekla Structures. .
- VAZQUEZ, M., 2018. *Plataforma para la automatización del despiece de elementos de refuerzo en estructuras de concreto reforzado*. S.l.: s.n.

ANEXOS

Matriz de Consistencia.

TITULO:		OPTIMIZACIÓN DEL EMPALME Y DESPIECE PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO DE ACERO MEDIANTE TEKLA STRUCTURES EN UNA EDIFICACIÓN APORTICADA, 2022					
PROBLEMA		OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	METODOLOGÍA
GENERAL	¿Cuál es la reducción de desperdicios de acero después de optimizar los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures en una edificación aporticada?	O.G. Determinar la reducción de los desperdicios de acero optimizando los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures.	H.G. Los desperdicios de acero se redujeron después de optimizar los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures.	INDEPENDIENTE	Optimización del empalme y corte de acero	D1 Patrones de Empalme para columnas y vigas	Tipo: Aplicada o Practica
						D2: Patrones de corte para columnas y vigas	Nivel: Explicativa
ESPECÍFICOS	¿Cuál es la reducción de desperdicios de acero después de examinar los patrones de empalme mediante el software Tekla Structures en una edificación aporticada?	Determinar la reducción de desperdicios de acero al examinar los patrones de empalme en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.	Los desperdicios de acero se redujeron al examinar los patrones de empalme en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.	DEPENDIENTE	Reducción de desperdicios de acero	D2: Porcentajes de reducción de los patrones	Enfoque Cuantitativo
	¿Cuál es la reducción de desperdicios	Determinar la reducción de desperdicios	Los desperdicios de acero se				Diseño: Experimental

	de acero después de examinar los patrones de despiece mediante el software Tekla Structures en una edificación aporticada?	de acero al examinar los patrones de despiece en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.	redujeron al examinar los patrones de despiece en vigas y columnas mediante el software Tekla Structures.				Población: Edificación Aporticada
--	--	--	---	--	--	--	---

(Ficha de observación)

Objetivo: Determinar la reducción de desperdicios de acero optimizando los empalmes y despiece mediante el software Tekla Structures.

Patrones de optimización de empalme y despiece	Porcentaje de desperdicio	Porcentaje de reducción
Patrón 0 de empalme Expediente	%	0%
Patrón de empalme 01:		
Patrón de empalme 02		
Patrón de empalme 03:		
Patrón de empalme 04:		
Patrón 0 de despiece Expediente:	%	0%
Patrón de despiece 01		
Patrón de despiece 02		
Patrón de despiece 03		
Patrón de despiece 04		

Observaciones:

(Resultados del Software)

METRADO EXCEL TEKLA

COLUMNAS

Quantity	MATERIAL	SIZE	LENGTH / mm	WEIGHT / kg	WEIGHT_TOTAL / kg
20	A199-104K	5/8	22.00	1.552	682.88
644	A199-104K	3/8	1.73	0.56	623.9072
40	A199-104K	3/4	22.00	2.235	1072.8
16	A199-104K	5/8	22.00	1.552	546.304
1288	A199-104K	3/8	1.73	0.56	1247.8144
88	A199-104K	5/8	22.00	1.552	3004.672
22	A199-104K	1/2	22.00	0.994	481.096
3542	A199-104K	3/8	1.73	0.56	2380.224
64	A199-104K	5/8	22.00	1.552	2185.216
2576	A199-104K	3/8	1.73	0.56	1731.072
Total					
8356					14523.9008

VIGAS DE ARRIOSTRE

Quantity	MATERIAL	SIZE	LENGTH / mm	WEIGHT / kg	WEIGHT_TOTAL / kg
30	A199-104K	5/8	13.98	1.552	650.9088
30	A199-104K	5/8	16.77	1.552	780.8112
870	A199-104K	3/8	1.28	0.56	623.616
Total					
930					2055.336

ZAPATAS

Quantity	MATERIAL	SIZE	LENGTH / mm	WEIGHT / kg	WEIGHT_TOTAL / kg
152	A199-104K	1/2	1.50	0.994	226.632
54	A199-104K	1/2	13.74	0.994	737.50824
54	A199-104K	1/2	16.53	0.994	887.26428
168	A199-104K	1/2	1.20	0.994	200.3904
228	A199-104K	1/2	1.20	0.994	271.9584
112	A199-104K	1/2	1.50	0.994	166.992

Total		
768		2490.74532

VIGAS DE CONEXION

Quantity	MATERIAL	SIZE	LENGTH / mm	WEIGHT / kg	WEIGHT_TOTAL / kg
870	A199-104K	3/2	1.18	0.994	1020.4404
30	A199-104K	5/8	13.98	1.552	650.9088
30	A199-104K	5/8	16.77	1.552	780.8112

Total		
930		2452.1604

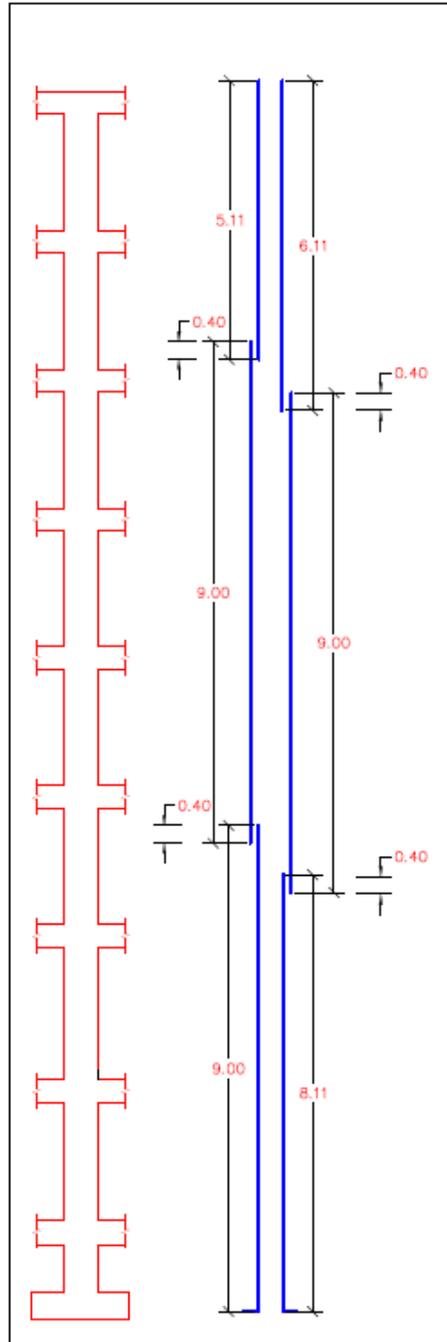
LOSA LIGERA

Quantity	MATERIAL	SIZE	LENGTH / mm	WEIGHT / kg	WEIGHT_TOTAL / kg
39	A199-104K	1/4	16.00	0.25	156
58	A199-104K	1/4	7.00	0.25	101.5
58	A199-104K	1/4	4.20	0.25	60.9
39	A199-104K	1/2	4.40	0.994	170.5704
39	A199-104K	1/2	7.20	0.994	279.1152

Total		
233		768.0856

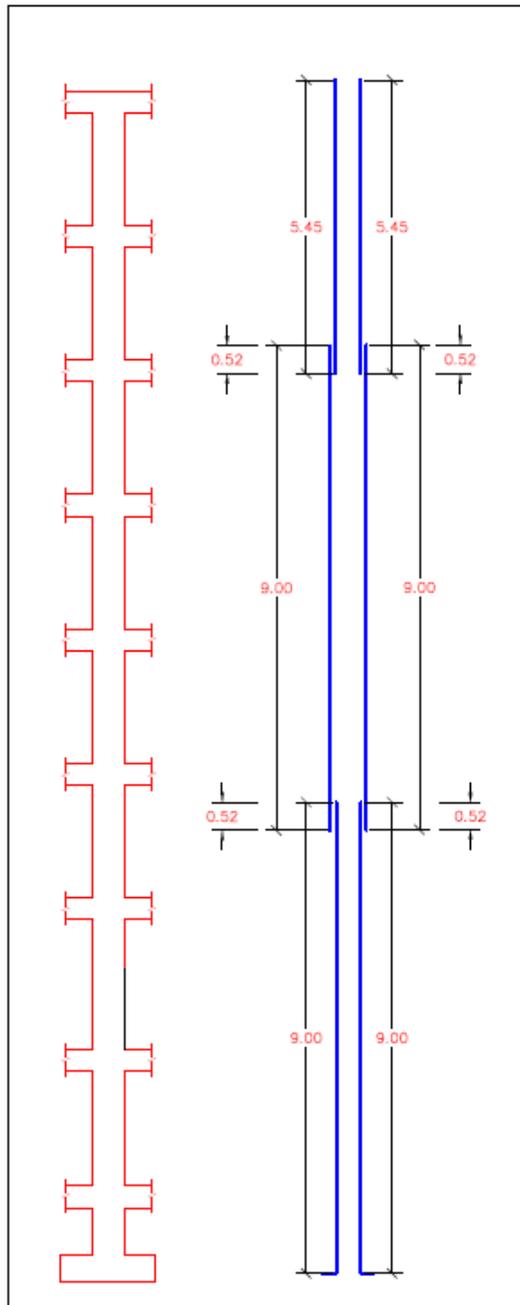
PATRONES DE EMPALME

DIAGRAMA DE EMPALME PARA COLUMNAS DIAMETROS DE 1/2, 5/8 Y 3/4



COLUMNA TIPO= C1.1

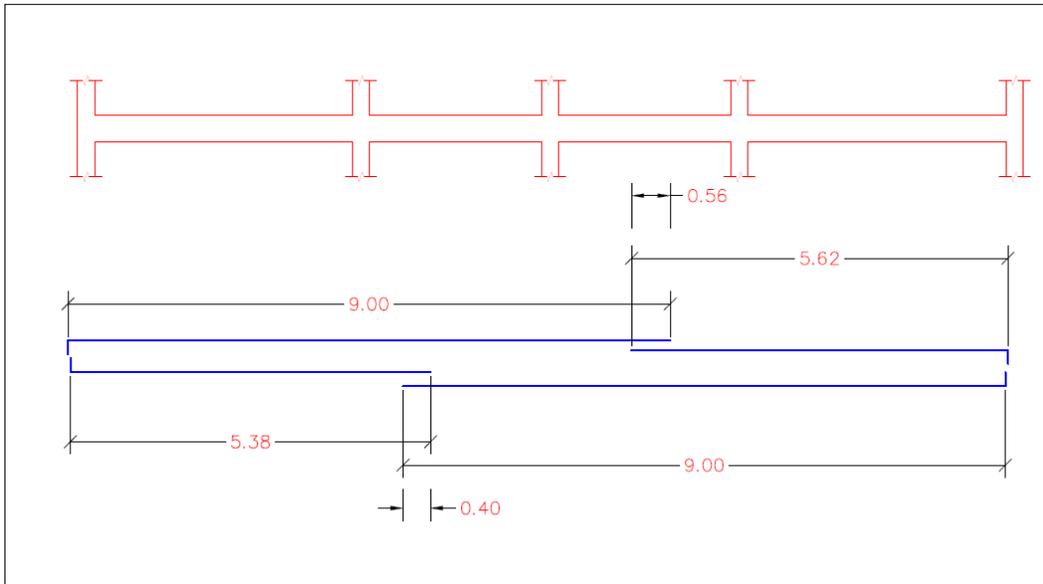
LONGITUD DE EMPALME= 80CM (LE)



COLUMNA TIPO=C1.2

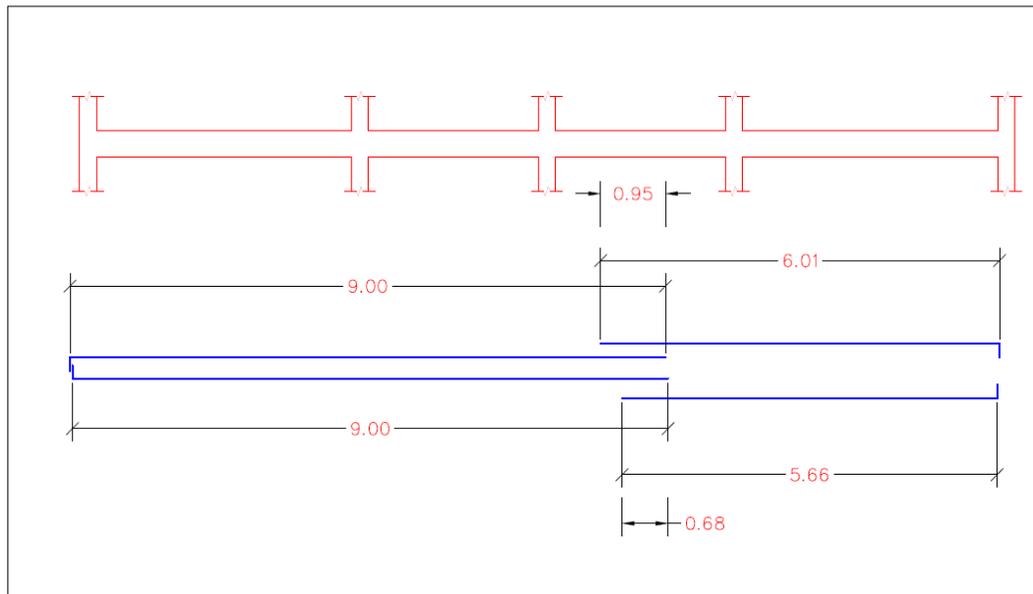
LONGITUD DE EMPALME= 208CM (LE)

DIAGRAMA DE EMPALME PARA VIGAS DIAMETRO DE 5/8



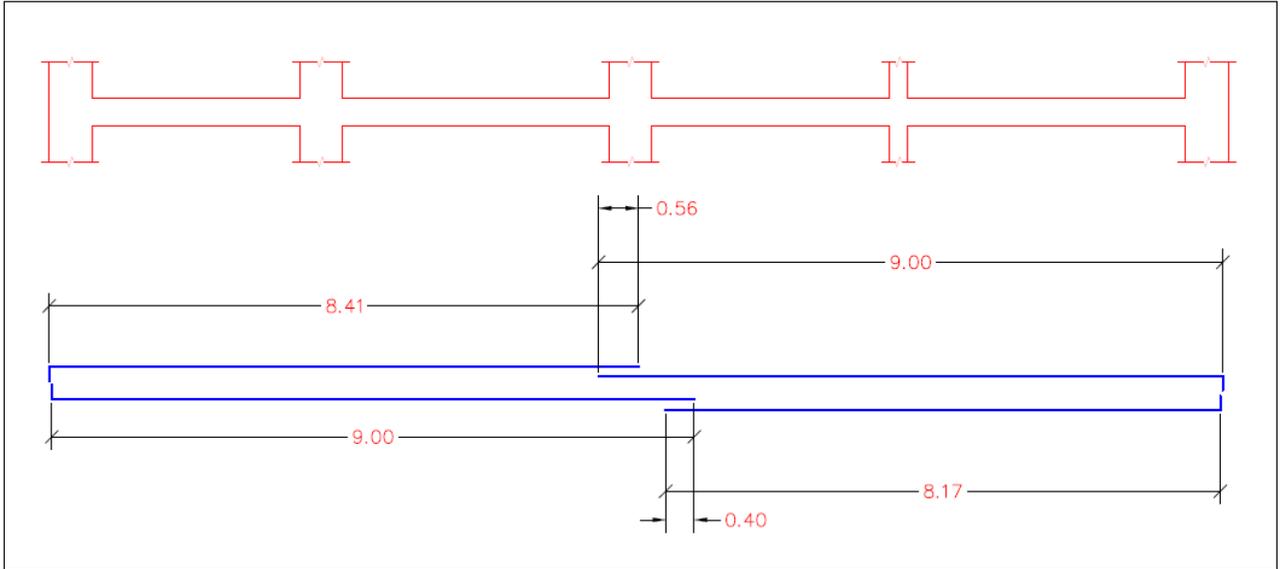
VIGA TIPO=V1.1

LONGITUD DE EMPALME = 96 CM (LE)



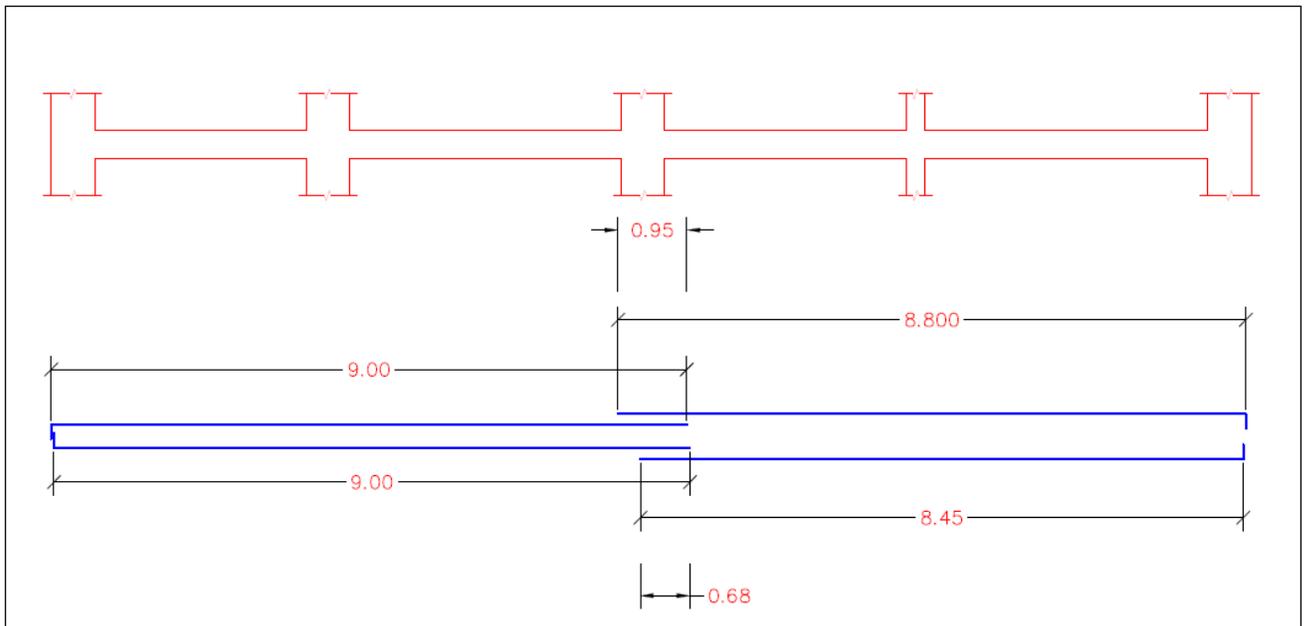
VIGA TIPO=V1.2

LONGITUD DE EMPALME=164 CM (LE)



VIGA TIPO=V2.1

LONGITUD DE EMPALME= 96CM (LE)



VIGA TIPO=V2.2

LONGITUD DE EMPALME = 164 (LE)

CALCULO LONGITUD DE EMPALME POR TIPO Y SUB TIPO

LONGITUD DE EMPALME					
TIPO	SUB TIPO	LE (ML)	NUMERO DE VECES	SUB TOTAL (ML)	SUB TOTAL (KG)
COLUMNA	1.1	0.8	94	75.2	116.71
	1.2	2.08	94	195.52	303.45
VIGAS	1.1	0.95	30	28.5	44.23
	1.2	1.64	30	49.2	76.36
	2.1	0.95	30	28.5	44.23
	2.2	1.64	30	49.2	76.36

CALCULO DE COMBINACIONES PARA EMPALME

COMBINACIONES					
NUMERO COMBINACION	COLUMNA TIPO 1	VIGA TIPO 1	VIGA TIPO 2	TOTAL (ML)	TOTAL (KG)
C1	75.2	28.5	28.5	132.2	205.1744
C2	75.2	28.5	49.2	152.9	237.3008
C3	75.2	49.2	28.5	152.9	237.3008
C4	75.2	49.2	49.2	173.6	269.4272
C5	195.52	28.5	28.5	252.52	391.91104
C6	195.52	28.5	49.2	273.22	424.03744
C7	195.52	49.2	28.5	273.22	424.03744
C8	195.52	49.2	49.2	293.92	456.16384

CALCULO DE DESPIECE PARA TIPO Y SUB TIPO

TIPO	SUB TIPO	DESPIECE (ML)					
		TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3	
VIGA	V1.1	9	9	5.38	5.62		
	V1.2	9	9	6.01	5.66		
	V2.1	9	9	8.41	8.17		
	V2.2	9	9	8.8	8.45		
COLUMNA	C1.1	9	9	9	8.11	6.11	5.18
	C1.2	9	9	9	9	5.45	5.45

CALCULO DE DESPERDICIO PARA TIPO Y SUB TIPO

TIPO	SUB TIPO	DESPERDICIO (ML)						
		TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3		TOTAL (ML)
VIGA	V1.1	0	0	3.62	3.38			7
	V1.2	0	0	2.99	3.34			6.33
	V2.1	0	0	0.59	0.83			1.42
	V2.2	0	0	0.2	0.55			0.75
COLUMNA	C1.1	0	0	0	0.89	2.89	3.82	7.6
	C1.2	0	0	0	0	3.55	3.55	7.1

CALCULO DE DESPERCIO TOTAL PARA TIPO Y SUB TIPO

TIPO	SUB TIPO	DESPERDICIO (ML)	NUMERO DE VECES	SUB TOTAL (ML)	SUB TOTAL (KG)
COLUMNA	1.1	7	94	658	1021.216
	1.2	6.33	94	595.02	923.47104
VIGAS	1.1	1.42	30	42.6	66.1152
	1.2	0.75	30	22.5	34.92
	2.1	7.1	30	213	330.576
	2.2	7.6	30	228	353.856

CALCULO DE COMBINACION DESPERDIO PARA TIPO Y SUB TIPO

NUMERO DE COMBINACION	COLUMNA TIPO 1	VIGA TIPO 1	VIGA TIPO 2	TOTAL (ML)	TOTAL (KG)
C1	658	42.6	213	913.6	1417.9072
C2	658	42.6	228	928.6	1441.1872
C3	658	22.5	213	893.5	1386.712
C4	658	22.5	228	908.5	1409.992
C5	595.02	42.6	213	850.62	1320.16224
C6	595.02	42.6	228	865.62	1343.44224
C7	595.02	22.5	213	830.52	1288.96704
C8	595.02	22.5	228	845.52	1312.24704

CALCULO DE ACERO TOTAL PARA TIPO

TIPO	SUB TOTAL (KG)	TOTAL (KG)
COLUMNAS	682.88	8501.70
	546.30	
	3004.67	
VIGAS DE ARRIOSTRE	2185.22	
	650.91	
VIGAS DE CONEXIÓN	780.81	
	650.91	

CALCULO DE PORCENTAJE DE DESPERDICIO PARA EMPALME Y DESPIECE DE ACUERDO A COMBINACION

NUMERO DE COMBINACION	TOTAL (KG)	TOTAL DE ACERO LONGITUDINAL EN VIGAS Y COLUMNAS (KG)	PORCENTAJE %	TOTAL (KG)	TOTAL DE ACERO LONGITUDINAL EN VIGAS Y COLUMNAS (KG)	PORCENTAJE %
C1	205.1744	8501.70	2.41	1417.9072	8501.70	16.68
C2	237.3008	8501.70	2.79	1441.1872	8501.70	16.95
C3	237.3008	8501.70	2.79	1386.712	8501.70	16.31
C4	269.4272	8501.70	3.17	1409.992	8501.70	16.58
C5	391.91104	8501.70	4.61	1320.16224	8501.70	15.53
C6	424.03744	8501.70	4.99	1343.44224	8501.70	15.80
C7	424.03744	8501.70	4.99	1288.96704	8501.70	15.16
C8	456.16384	8501.70	5.37	1312.24704	8501.70	15.44



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ASCOY FLORES KEVIN ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Optimización del empalme y despiece para la reducción del desperdicio de acero mediante Tekla Structures en una edificación aporticada, 2022", cuyo autor es DE LA VEGA SERNADES DERICK, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 22 de Enero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ASCOY FLORES KEVIN ARTURO DNI: 46781063 ORCID: 0000-0003-2452-4805	Firmado electrónicamente por: KASCOY el 22-01- 2023 23:43:53

Código documento Trilce: TRI - 0526434