

Auxiliar De Ingeniería Para La Estimación De Costos y Presupuestos Para La Planificación De  
Estructuras Metálicas En La Empresa Peralta Ingeniería SAS

Autor

Harold Santiago Peralta Padilla

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Luz Marina Torrado Gómez

Ingeniera Civil Magister en Geotecnia

Tutor Empresarial

Olga Yurani Jaime Rojas

Ingeniera civil especialista en estructuras

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico mecánica

Escuela de Ingeniería Civil

Programa Académico

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia especialmente a María Inés Alarcón, cuya sabiduría y amor me han dado la fuerza para no desfallecer en los momentos más difíciles. Edison y Audrey quienes dentro de mi núcleo familiar son personas incondicionales que podría categorizar como hermanos. Fernando y Miguel Peralta, quienes me han apoyado en todas las dificultades, cada uno apporto su grano de arena con algo tan significativo como un simple consejo que le ha dado rumbo a mi vida, igualmente a aquellos familiares que de alguna u otra forma hicieron parte del proceso y han contribuido con mi desarrollo personal.

Agradezco las oportunidades que me han permitido avanzar profesional y personalmente, así como el apoyo de quienes han contribuido a mi desarrollo.

Finalmente agradezco a Dios o a aquella energía que me escucha y me da la sabiduría suficiente para afrontar cualquier dificultad.

### **Agradecimientos**

Agradezco a la universidad por brindar a los jóvenes la oportunidad de estudiar a través del nivel introductorio. Este mecanismo permite que muchos cumplan sus sueños. gracias a esta oportunidad, he llegado al nivel profesional en el que me encuentro y conocer a personas que ahora hacen parte de mi corazón eternamente.

Agradecimiento especial a personas que han sido un ejemplo de vida, admiración y que en su momento dieron sus palabras aliento que necesitaba en el momento Indicado.

Danna Lizeth, Fabian Rodríguez, Samuel Espinel, Franklin Duván, Juan Diego, José Antonio Acosta y Danilo Rodríguez.

A aquellos profesores que sentían pasión por la academia e intentaban explicar cada detalle mil gracias.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco Teórico.....	14
2.1 Objetivos de un presupuesto .....	14
2.1.1 Componentes de un presupuesto.....	14
2.1.1.1 Presupuesto definitivo.....	14
2.1.1.1.1 Materiales.....	14
2.2 Recubrimientos y tipo de limpieza superficial.....	14
2.2.1 Calculo de cantidad de anticorrosivo y pintura para estructuras metálicas. ....	15
2.2.1.1 Preparación de superficie de estructuras de acero .....	19
2.2.1.2 Limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3).....	20
2.2.1.3 Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 1/SSPC-SP5) El MEJOR METODO. ....	21
2.2.1.4 Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 2/SSPC-SP10) .....	21
2.2.1.5 Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 3/SSPC-SP6) .....	21
2.3.1 Costos directos e indirectos .....	22
2.3.1.1 Cantidades de obra.....	22
2.3.1.1.1 Calculo de cantidades para estructuras metálicas. ....	22

2.3.1.1.1 <i>Calculo de peso para perfiles comerciales.</i> .....	22
2.3.1.1.2 <i>Calculo de peso para placas o platinas.</i> .....	23
2.3.1.2 APU.....	23
2.4.1 Descripción de la empresa.....	24
2.4.1.1 Misión.....	24
2.4.1.2 Visión.....	24
3. Metodología.....	25
3.1 Fase 1 Recepción de datos y modelado. ....	25
3.2 Fase 2 Apoyo en la Determinación de cantidades.....	25
3.2.1 Cuantificación de perfiles y anclajes. ....	25
3.2.2 Cuantificación de platinas.....	27
3.2.3 Cuantificación de área superficial.....	28
3.3 Fase 3 Apoyo en la Formulación de precios unitarios como apoyo al APU de Peralta Ingeniería SAS.....	29
3.3.2 Cuantificación anticorrosivo y acabado.....	29
3.4 Fase 4 Identificación de variables que afectan el costo de un proyecto. ....	31
4. Desarrollo de la práctica. ....	31
5. Análisis de Variables que influyen en el presupuesto de una estructura metálica.....	40
5.1.1 Materia prima.....	40
5.1.2 Limpieza, anticorrosivo y acabado. ....	42
6. Documentación y reporte.....	45
7. Conclusiones.....	46
8. Referencias Bibliográfica.....	48

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C2</i> (Jimenez Castaño et al., 2021).....	17
Tabla 2 <i>Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C3</i> (Jimenez Castaño et al., 2021).....	17
Tabla 3 <i>Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C4</i> (Jimenez Castaño et al., 2021).....	18
Tabla 4 <i>Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C5</i> (Jimenez Castaño et al., 2021).....	18
Tabla 5 <i>Tipos de preparación o limpieza de superficie comerciales</i> .....	20
Tabla 6 <i>Resumen de costos para cada tipo de anticorrosivo y acabado según el mercado</i> .....	30
Tabla 7 <i>Cantidades totales de fabricación para estructura metálica de fachada</i> .....	33
Tabla 8 <i>Cantidades totales de fabricación para estructura metálica interna</i> .....	34
Tabla 9 <i>Valores obtenidos por unidad de kilogramos brutos instalados</i> .....	37
Tabla 10 <i>Tabla de alquiler para equipos y sistemas de montaje</i> .....	39

**Lista de Ecuaciones**

Ecuación 1 Calculo de rendimiento Anticorrosivo y pintura.....	15
Ecuación 2 Calculo de galones necesarios para el área superficial .....	19
Ecuación 3 Calculo valor de sistema de limpieza de superficie .....	19
Ecuación 4 Calculo de peso para perfiles longitudinales.....	23
Ecuación 5 Calculo de peso de platinas de acero .....	23
Ecuación 6 Calculo de rendimiento teórico con un porcentaje de eficiencia .....	29
Ecuación 7 Calculo de soldadura total requerida por la estructura.....	37

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Mapa de corrosión en Colombia-Fuente grupo de investigación U de Antioquia.</i> .....	16
Figura 2 <i>Nodos de cada elemento longitudinal.</i> .....	26
Figura 3 <i>Informe de perfil longitudinal</i> .....	26
Figura 4 <i>Conexión de placa base</i> .....	27
Figura 5 <i>Conexión viga columna</i> .....	28
Figura 6 <i>Informe de cuantificación de platinas o placas.</i> .....	28
Figura 7 <i>Concepto arquitectónico.</i> .....	32
Figura 8 <i>Estructura Metálica acorde al concepto arquitectónico.</i> .....	32
Figura 9 <i>selección total de la estructura en Tekla Structures con un área superficial de 1610 m2.</i> .....	33
Figura 10 <i>Ejemplo de conjunto (pieza conformada por elementos soldados en planta).</i> .....	38
Figura 11 <i>perfil de sección variable fabricado con platinas en acero estructural.</i> .....	41
Figura 13 <i>Estructura construida con perfiles armados.</i> .....	41
Figura 13 <i>Vista en planta fachada centro comercial cañaveral.</i> .....	44

## Glosario

**Costos:** Los costos son los gastos que se incurre para producir bienes o servicios. (Armesto, 2015)

**Gestión:** La gestión se refiere a la planificación, coordinación y supervisión de recursos. (Armesto, 2015)

**Incidencia:** Se refiere al impacto que un cambio o evento tiene en los costos o en la planificación financiera. (Armesto, 2015)

**Presupuesto:** Los presupuestos son planes financieros que estiman ingresos y gastos futuros durante un periodo específico. Se utilizan para gestionar y controlar recursos, asegurando que se asignen adecuadamente para alcanzar objetivos y evitar déficit. (Armesto, 2015)

**Variables:** Son factores que pueden cambiar y afectar los costos, como el precio de materiales, el tiempo de trabajo, o las condiciones del mercado. (Armesto, 2015)

**Preparación de superficie:** Limpieza superficial de elementos metálicos que mejora el perfil de anclaje y aumenta la adherencia del anticorrosivo. (Jimenez Castaño et al., 2021)

**Intemperie:** Conjunto de condiciones ambientales a cielo abierto tales como: agua, radiación solar y temperatura. No todas las pinturas están formuladas con resistencia a la intemperie.

**Limpieza:** eliminación de contaminantes por medio manual, mecánico, químico o térmico.

**Sólidos por volumen:** cantidad de material sólido contenido en un volumen determinado de producto. Usualmente se expresa en porcentaje. (Jimenez Castaño et al., 2021)

**Corrosión:** destrucción de un material por reacción química o electroquímica con el ambiente al cual está expuesto. Aunque todos los materiales pueden corroerse, este término se aplica generalmente, a los metales. (Jimenez Castaño et al., 2021)

## Resumen

**Título:** Auxiliar De Ingeniería Para La Estimación De Costos y Presupuestos Para La Planificación De Estructuras Metálicas En La Empresa Peralta Ingeniería SAS

**Autor:** Harold Santiago Peralta Padilla

**Palabras Clave:** Costos, gestión, incidencia, presupuesto, variables, preparación de superficie, intemperie, limpieza, corrosión.

### Descripción:

La planificación y estimación de costos en estructuras metálicas es fundamental para la viabilidad de los proyectos de construcción; ya que ayuda en la reducción de los márgenes de error de los presupuestos, evitando principalmente el mal gasto de la materia prima y los sobrecostos en los proyectos. Este trabajo (desarrolló o implementó) una metodología para la cuantificación de los costos y materiales en la empresa Peralta Ingeniería SAS, optimizando la precisión de estos, mediante el uso del software Tekla Structures y Excel. Se Analizó cada proyecto asignado para recopilar la información necesaria para la estimación de costos, se optimizó con mayor precisión las cantidades de una estructura metálica mediante el uso de software de tabulación y modelado, se identificó las variables que tienen mayor impacto en los presupuestos de obras en estructuras metálicas y se apoyó a la planificación de la fabricación y el montaje mediante el análisis de precios unitarios. Para esto, fue necesario considerar factores como son la disponibilidad de perfiles comerciales, el tipo de recubrimiento anticorrosivo y las condiciones de montaje, entre otros. Se determinó un costo promedio de \$7.500/kg, con variaciones de hasta un 100% dependiendo de la disponibilidad de perfiles y el tipo de limpieza superficial que se requiera. Los resultados mostraron que el costo unitario por kilogramo de estructura instalada varía según el sistema de protección contra la corrosión, la eficiencia del montaje y la elección de materiales a utilizar en el proyecto. Además, se evidencia que la implementación de herramientas BIM mejora la precisión en la planificación, la selección de materiales, los cuales ayudan a optimizar los sistemas de protección anticorrosión de la estructura, como a reducir los costos impactando significativamente en la rentabilidad de los proyectos.

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico. Director: Luz Marina Torrado Gómez. Ingeniero Civil Magister en Geotecnia.

### **Abstract**

**Title: Engineering Assistant for Estimating Costs and Budgets for the Planning of Metallic Structures at the Company Peralta Ingenieria SAS.**

**Author(s): Harold Santiago Peralta Padilla**

**Key Words: Costs, management, incidence, budget, variables, surface preparation, weathering, cleaning, corrosion.**

#### **Description:**

Planning and estimating costs in metal structures is essential for the viability of construction projects; as it helps in reducing the error margins of budgets, mainly avoiding the poor expenditure of raw materials and cost overruns in projects. This work (developed or implemented) a methodology for the quantification of costs and materials in the company Peralta Ingeniería SAS, optimizing their accuracy, through the use of Tekla Structures and Excel software. Each assigned project was analyzed to collect the necessary information for cost estimation, the quantities of a metal structure were optimized with greater precision through the use of tabulation and modeling software, the variables that have the greatest impact on budgets for works in metal structures were identified, and manufacturing and assembly planning was supported through the analysis of unit prices. For this, it was necessary to consider factors such as the availability of commercial profiles, the type of anticorrosive coating and the assembly conditions, among others. An average cost of \$7,500/kg was determined, with variations of up to 100% depending on the availability of profiles and the type of surface cleaning required. The results showed that the unit cost per kilogram of installed structure varies depending on the corrosion protection system, the assembly efficiency and the choice of materials to be used in the project. In addition, it is evident that the implementation of BIM tools improves the precision in planning, the selection of materials, which help to optimize the structure's anti-corrosion protection systems, as well as reduce costs, significantly impacting the profitability of the projects.

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico. Director: Luz Marina Torrado Gómez. Ingeniero Civil Magister en Geotecnia.

## Introducción

Peralta Ingeniería, Consultoría & Construcción S.A.S es una empresa que ofrece soluciones integrales y se especializa en la calidad de los códigos normativos (ICCAR, AIS, FI, AISC, etc.).

La empresa se especializa en la fabricación de estructuras metálicas sostenibles bajo la filosofía BIM, priorizando la eficiencia estructural e innovación mediante estudios de vulnerabilidad y rehabilitación sísmica para garantizar la durabilidad de los proyectos. Cada uno de estos se lleva a cabo tanto en ubicaciones urbanas y rurales, asegurando una supervisión técnica adecuada en todo momento, a cargo de profesionales altamente capacitados en la organización. Esta supervisión se realiza para garantizar la correcta consideración de cada uno de los parámetros.

La construcción de futuras estructuras en acero estructural implica estimar los recursos desde la fase de planificación, diseño, fabricación y montaje para verificar la viabilidad de los proyectos cotizados con lo cual disminuiría los imprevistos, especialmente; en puentes, edificios, cubiertas, mezanines, naves industriales, etc.

El destino de la práctica empresarial se centra en la importancia de una buena planificación en todos los ámbitos. La estimación de costos y presupuestos se convierte en la bandera de salida en los proyectos de estructuras metálicas. Por lo que se busca optimizar en la medida de la ejecución en un lapso corto de tiempo.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Estimar la planificación presupuestal para asegurar la viabilidad y calidad de los proyectos en estructuras metálicas de la empresa Peralta Ingeniería SAS.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Analizar detalladamente cada proyecto asignado de tal forma que se recopile información precisa y completa necesaria para su estimación de costos.

Optimizar de una forma más precisa la determinación de cantidades de una estructura metálica mediante el uso de software de tabulación y modelado.

Apoyar al proceso de planificación en cuanto a la fabricación y montaje de estructuras metálicas a partir de un análisis de precio unitario (APU).

Identificar las variables que tienen mayor impacto en los presupuestos de una obra en estructuras metálicas.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Objetivos de un presupuesto**

Pretende anticipadamente determinar el valor de un proyecto, con un buen grado de aproximación y, además permita determinar paso a paso de manera eficiente cada etapa del proceso y su valor en ese instante. (Armesto, 2015)

#### ***2.1.1 Componentes de un presupuesto***

Los componentes esenciales en un presupuesto de construcción son la materia prima, mano de obra y por último herramientas y equipos.(Armesto, 2015)

##### ***2.1.1.1 Presupuesto definitivo***

Esta última etapa del estudio el presupuesto se realiza a partir de resultados arquitectónicos, técnicos, cantidades definitivas de obra y en las especificaciones. Generalmente tiene un alto grado de aproximación. Sin embargo, es necesario conocer el mercado, el rendimiento de los operarios, ubicación, cliente y los imprevistos.(Armesto, 2015)

##### ***2.1.1.1.1 Materiales***

Son insumos que en general se consumen en un solo uso, son medibles y corresponden a material físico que en este caso sería el acero estructural.(Armesto, 2015)

### **2.2 Recubrimientos y tipo de limpieza superficial.**

La aplicación de los recubrimientos implementados por Peralta Ingeniería SAS, vienen en dos tipos el manual por medio de brocas y rodillos o aspersión con aire el cual necesita de un equipo que suministre un flujo de aire a cierta presión y una pistola de aplicación.

### 2.2.1 *Calculo de cantidad de anticorrosivo y pintura para estructuras metálicas.*

Para poder hacer una estimación de la cantidad de recubrimientos necesario en una estructura se debe tener en cuenta el área de la superficie, Espesor de película seca (EPS), el porcentaje de sólidos y la eficiencia de la aplicación.(Jimenez Castaño et al., 2021)

#### **Ecuación 1 Calculo de rendimiento Anticorrosivo y pintura**

$$\text{rend. Teorico} = \frac{10 \cdot \% \text{solidos en volumen} * 1000}{EPS (\text{micras}) * 25.4} \frac{L}{m^2}$$

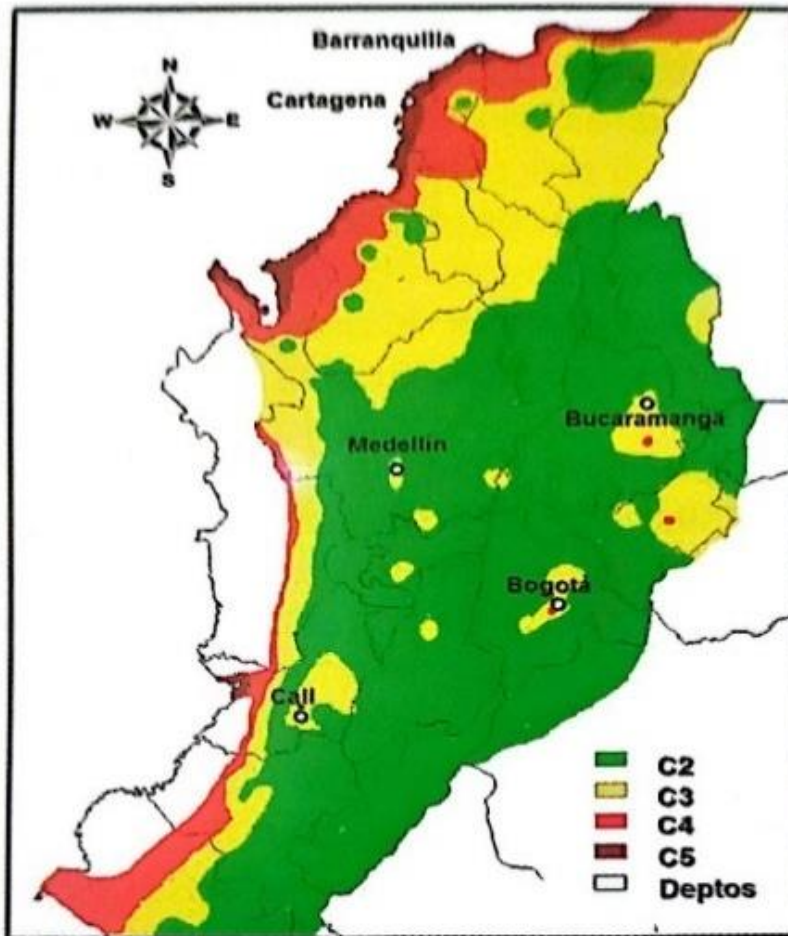
$$Q_R = Ef \cdot A_s \cdot \text{Rend. Teorico}$$

Gracias a esta ecuación hallaremos la cantidad de recubrimiento necesario para las capas de anticorrosivo y acabado para un espesor de capa específico según la categoría de ambiente agresivo a los cuales está expuesta la estructura.

La protección contra la corrosión y el acabado final es usada para prolongar la vida útil de las estructuras de acero esta práctica está regulada por normativas nacionales e internacionales. Los materiales metálicos tienden a tener un comportamiento diferente al ser expuesto a diferentes agentes agresivos que se pueden clasificar en C2 categoría de corrosividad baja, C3 categoría de corrosividad media, C4 categoría de corrosividad alta y C5 Muy alta.(Jiménez Castaño et al., 2021)

**Figura 1**

*Mapa de corrosión en Colombia-Fuente grupo de investigación U de Antioquia.*



*Nota.* La figura 13 representa el mapa de Colombia categorizado por zonas con sus respectivos agentes agresivos, tomado de Protección contra la corrosión (P23), por Jimenez Castaño, F. A., Huertas Salcedo, J. I., Casallas Salinas, Q., & Velásques Salinas, J. C. (2021), ICCA.

Para una estructura metálica expuesta a un ambiente agresivo tipo 5, la guía técnica ICCA 5, recomienda agregar una capa adicional llamada barrera por lo que la estructura contaría con una capa anticorrosiva, capa de barrera y por último una capa de acabados.

**Tabla 1**

*Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C2 (Jimenez Castaño et al., 2021)*

Sistema No.	Anticorrosivo				Acabado			Durabilidad (Años)			
	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	No. Capas	Micras	Baja (7)	Media(7-15)	alta (15-25)	Muy alta(25)
C2 01	AIQ-ACR	Misc.	1	50-60	AIQ-ACR	1 a 2	50-60	x			
C2 02	ALQ-ACR	.	1	50-60	ALQ-ACR	1 a 2	50-60	x			
C2 03	EPX	.	1	60-75	EPX	1 a 2	60-75	x	x		
C2 04	EPX	Misc.	1	60-75	AIQ-ACR	1 a 2	60-75	x	x	x	x

*Nota.* Tabla de pintura para acero al carbón expuesta tipo C2, tomado de Protección contra la corrosión (P49), por Jiménez Castaño, F. A., Huertas Salcedo, J. I., Casallas Salinas, Q., & Velásques Salinas, J. C. (2021), ICCA.

**Tabla 2**

*Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C3 (Jimenez Castaño et al., 2021)*

Sistema No.	Anticorrosivo				Barrera				Acabado			Durabilidad (Años)			
	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	No. Capas	Micras	Baja (7)	Media(7-15)	alta (15-25)	Muy alta(25)
C3 01	AIQ-ACR	Misc.	1	65-75	-	-			ALQ-ACR	1,00	50-60	x			
C3 02	ALQ-ACR	.	1	65-75	-	-			ALQ-ACR	1,00	50-75	x			
C3 03	EPX	Misc.	1	65-75	-	-			EPX,PUR,ACR	1,00	75-100	x	x		
C3 04	EPX	Misc.	1	80-100	-	-			EPX,PUR,ACR	1,00	80-100	x	x		
C3 05	EPX imp.	.	1	60-75	-	-			EPX imp.	1,00	60-75	x	x	x	
C3 06	EPX	Misc.	1	80-100	EPX	-	1	80-100	EPX,PUR	1,00	60-75	x	x	x	x
C3 07	EPX	Zn R	1	60-75	EPX	-	1	80-100	EPX,PUR	1,00	60-75	x	x	x	x

*Nota.* Tabla de pintura para acero al carbón expuesta tipo C3, tomado de Protección contra la corrosión (P48), por Jimenez Castaño, F. A., Huertas Salcedo, J. I., Casallas Salinas, Q., & Velásques Salinas, J. C. (2021), ICCA.

**Tabla 3**

*Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C4 (Jimenez Castaño et al., 2021)*

Sistema No.	Anticorrosivo				Barrera				Acabado			Durabilidad (Años)			
	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	No. Capas	Micras	Baja (7)	Media(7-15)	alta (15-25)	Muyalta(25)
C4 01	EPX	Misc.	1	65-75	-	-	-	-	EPX,PUR,ACR	1,00	60-80	x			
C4 02	EPX	Misc.	1	65-75	EPX	-	1	50-75	EPX,PUR,ACR	1,00	50-75	x	x		
C4 03	EPX	Misc.	1	65-75	EPX	-	1	75-100	EPX,PUR	1,00	80-100	x	x	x	
C4 04	EPX Auto.	-	1	110-140	-	-	-	-	EPX imp.	1,00	110-140	x	x	x	
C4 05	EPX	Misc.	1	65-75	EPX	-	1	150-175	EPX,PUR	1,00	60-75	x	x	x	x
C4 06	EPX ESI	Zn R	1	60-75	EPX	-	1	125-150	EPX,PUR	1,00	60-75	x	x	x	x

*Nota.* Tabla de pintura para acero al carbón expuesta tipo C4, tomado de Protección contra la corrosión (P49), por Jiménez Castaño, F. A., Huertas Salcedo, J. I., Casallas Salinas, Q., & Velásques Salinas, J. C. (2021), ICCA.

**Tabla 4**

*Sistema de pintura para acero al carbono para corrosividad categoría C5 (Jimenez Castaño et al., 2021)*

Sistema No.	Anticorrosivo				Barrera				Acabado			Durabilidad (Años)			
	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	Pigmento	No. Capas	Micras	Resina	No. Capas	Micras	Baja (7)	Media(7-15)	alta (15-25)	Muyalta(25)
C5 01	EPX	Misc.	1	65-75	EPX	-	1	50-75	EPX,PUR,ACR	1,00	60-80	x			
C5 02	EPX	Misc.	1	75-100	EPX	-	1	90-110	EPX,PUR,ACR	1,00	60-80	x	x		
C5 03	EPX	Misc.	1	75-100	EPX	-	1	150-175	EPX,PUR	1,00	60-80	x	x	x	
C5 04	EPX Auto.	-	1	140-175	-	-	-	-	EPX imp.	1,00	140-175	x	x	x	
C5 05	EPX	Misc.	1	75-100	EPX	-	1	200-225	EPX,PUR	1,00	60-80	x	x	x	x
C5 06	EPX ESI	Zn R	1	60-75	EPX	-	1	175-200	EPX,PUR	1,00	60-80	x	x	x	x

*Nota.* Tabla de pintura para acero al carbón expuesta tipo C5, tomado de Protección contra la corrosión (P49), por Jiménez Castaño, F. A., Huertas Salcedo, J. I., Casallas Salinas, Q., & Velásques Salinas, J. C. (2021), ICCA

La cantidad de anticorrosivo y acabado necesaria se determina a partir del área superficial total de la estructura y el rendimiento de cada producto aplicado. Con estos valores, se calcula el volumen requerido y, finalmente, la cantidad de galones a adquirir.

**Ecuación 2** Calculo de galones necesarios para el área superficial

$$\text{Galones Totales} = \frac{\text{area superficial}}{\text{rendimiento teorico del producto}}$$

**2.2.1.1 Preparación de superficie de estructuras de acero**

Pretende eliminar toda falla prematura en el sistema de protección con pinturas proporcionando una superficie que puede cubrirse fácilmente y provea una buena adherencia al recubrimiento aplicado.

Todos los sistemas de recubrimiento presentan fallas con el tiempo. Sin embargo, la mayoría de estas fallas se deben a una preparación inadecuada de la superficie y a una deficiente adherencia del recubrimiento.

Algunos de los contaminantes que se deben eliminar son: la humedad, el aceite, la grasa, los cloruros, los sulfatos, los óxidos, los productos de corrosión, la suciedad, Etc.

La calamina por su parte debe ser eliminada si la estructura está expuesta a ambientes agresivos tales como exposiciones químicas o en contacto con el agua, es necesario eliminar completamente la capa de laminación mediante el método de chorro abrasivo.(Jimenez Castaño et al., 2021)

**Ecuación 3** Calculo valor de sistema de limpieza de superficie

$$\text{Valor de limpieza SPx} = \text{rendimiento} \left( \frac{\$}{m^2} \right) * \text{Area superficial}$$

$$\text{rendimiento} \left( \frac{\$}{m^2} \right) \text{ SP3} = 12,000 \left( \frac{\$}{m^2} \right)$$

$$\text{rendimiento} \left( \frac{\$}{m^2} \right) \text{ SP5} = 54,000 \left( \frac{\$}{m^2} \right)$$

$$\text{rendimiento} \left( \frac{\$}{m^2} \right) SP6 = 9000 \left( \frac{\$}{m^2} \right)$$

$$\text{rendimiento} \left( \frac{\$}{m^2} \right) SP10 = 27,000 \left( \frac{\$}{m^2} \right)$$

Esta fórmula simplifica el cálculo valor de preparación de superficie que se requiera, este rendimiento dado en pesos por metros cuadrados es un valor suministrado por peralta ingeniería SAS donde el valor incluye sacos de arena, combustible, alquiler de compresor, alquiler de equipos y cuadrilla que ejecuta la limpieza.

### Tabla 5

*Tipos de preparación o limpieza de superficie comerciales.*

Norma SSPC	DESCRIPCION
SSPC-SP3	Limpieza con herramientas manuales mecanicas
SSPC-SP5	Limpieza con chorro abrasivo granallado Blanco
SSPC-SP6	Limpieza con chorro abrasivo granallado comercial
SSPC-SP10	Limpieza con chorro abrasivo comercial granallado semi blanco

*Nota.* Esta tabla muestra los diferentes tipos de preparación de superficie disponibles en peralta ingeniería SAS.

#### ***2.2.1.2 Limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3)***

Su finalidad es eliminar el óxido suelto, las escamas y el revestimiento suelto, los equipos eléctricos limpian por impacto, abrasión o ambas estas son usados para proporcionar una limpieza más rápida y generalmente son usadas para limpieza de manchas en recubrimiento de manchas y que el uso de herramientas manuales es más costoso.(Jimenez Castaño et al., 2021)

### ***2.2.1.3 Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 1/SSPC-SP5) El MEJOR METODO.***

La superficie preparada con chorro abrasivo grado metal blanco se define como una superficie con color uniforme gris metálico, ligeramente rugosa y un excelente perfil de anclaje.

La superficie quedara libre de aceite, grasa, suciedad, cascarilla de lámina, herrumbe, Manchas, productos de corrosión, óxidos, pintura o cualquier otro tipo de materia extraña.

El color de la superficie limpia puede ser afectado por la clase del medio abrasivo usado, este método no permite limpieza se emplea cuando no hay presencia de oxido ni de pintura anterior.(Jimenez Castaño et al., 2021)

### ***2.2.1.4 Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 2/SSPC-SP10)***

La superficie quedara libre de aceite, grasa, suciedad, cascarilla de lámina, herrumbe, Manchas, productos de corrosión, óxidos, pintura o cualquier otro tipo de materia extraña.

Este método logia no elimina por completo las manchas tenues, rayones y delgados residuos de pintura, por lo que la estructura estará un 95% libre de residuos y el resto se limita a las ligeras decoloraciones mencionadas anteriormente.(Jimenez Castaño et al., 2021)

### ***2.2.1.5 Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 3/SSPC-SP6)***

Es aquella en la que todo el aceite, la grasa y las materias extrañas han sido eliminadas de la superficie, excepto tenues sombra, rayas o decoloraciones causadas por manchas de herrumbre, ligeras cascarillas de laminación, delgados residuos de pintura; si la superficie esta picada, leves residuos de herrumbre y de pintura pueden encontrarse en el fonde de las picaduras.

Por lo menos el 60% de la superficie estará libre de residuos visibles y el resto estará limitado por tenues decoloraciones, tenues sombras o residuos mencionados antes.(Jimenez Castaño et al., 2021)

### **2.3.1 Costos directos e indirectos**

Los costos directos son aquellos rubros cuyos coeficientes de producción son cuantificables en la determinación del costo total para la planificación de proyectos de ingeniería, como lo son los materiales, mano de obra, equipos, etc. Los costos indirectos son aquellos rubros cuyos coeficientes de producción no son cuantificables en el costo total de un producto. Para los proyectos de ingeniería dichos rubros son gastos generales de obra que se ve reflejado en la compra de material, mano de obra y maquinaria; el cual se calcula mediante un coeficiente de aporte y producción, que en consecuencia representaría los costos directos.(Armesto, 2015)

#### ***2.3.1.1 Cantidades de obra***

Son una estimación detallada de los materiales, mano de obra y equipos necesarios para completar cada parte del proyecto. Se expresan en este caso kilogramos, es necesario determinar las cantidades de obra a partir de los planos estructurales para determinar las cantidades para cada actividad indicada en el presupuesto.(Armesto, 2015)

##### ***2.3.1.1.1 Calculo de cantidades para estructuras metálicas.***

###### ***2.3.1.1.1 Calculo de peso para perfiles comerciales.***

Para calcular los kilogramos instalados es necesario conocer los perfiles que requiere el proyecto y luego determinar la longitud total. Los proveedores generalmente suministran un catálogo de perfiles longitudinales que contiene sus propiedades geométricas y mecánicas.

En un apartado aparece la cantidad de kilogramos por metro, es decir que podríamos calcular la cantidad de perfiles que quedarán instalados en obra con sus respectivos cortes. Sin embargo, hay que entender que los perfiles comerciales vienen en una medida estándar de 6, 8, 9 y 12, por lo que generalmente el acero estructural de compra siempre supera en cantidad el acero estructural instalado.

Hay otras alternativas que permiten determinar el peso de los perfiles longitudinales de manera más manual con ayuda de la geometría.

#### **Ecuación 4** Calculo de peso para perfiles longitudinales.

$$\begin{aligned} & (\text{Area de la seccion transversal}) * \text{longitud del perfil} * \text{densidad del acero} \\ & = \text{peso del perfil longitudinal} \end{aligned}$$

Sabiendo que la densidad del acero es 7850 (Kg/m<sup>3</sup>). (ICONTEC, 2021)

##### **2.3.1.1.2** Calculo de peso para placas o platinas.

El peso de platinas es sencillo de calcular ya que en su mayoría tiene una geometría plana rectangular por lo que se podría hacer uso de la siguiente formula.

#### **Ecuación 5** Calculo de peso de platinas de acero

$$\text{Peso de placa} = \text{base}(m) * \text{altura}(m) * \text{espesor}(m) * 7850 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

##### **2.3.1.2** APU

La mayor parte de las cotizaciones y planificaciones de una obra civil están respaldadas por un análisis de precios unitarios “APU” la cual es una metodología que permite desglosar el costo de ejecución de una actividad especifica de un proyecto en su unidad de medida mínima, lo que permite relacionar todos los insumos y cantidades requeridas, así como los rendimientos de maquinaria y mano de obra para llevar a cabo cualquier tipo de obra. (INVIAS, 2014; Picón Calderón, 2021)

### **2.4.1 Descripción de la empresa**

Peralta ingeniería S.A.S es una empresa que se ha posicionado a nivel departamental y nacional en el mercado por su calidad y variedad de servicios en el tema de la consultoría y construcción. Se caracteriza por diseñar, fabricar y montar estructuras metálicas. Además, presta los servicios de diseño de estructuras en concreto, estudio de vulnerabilidad, rehabilitación sísmica, supervisión técnica y patología estructural y la academia de la cual ha querido enfatizar las buenas prácticas en el diseño de estructuras metálicas.

#### **2.4.1.1 Misión**

Peralta Ingeniería SAS es una empresa dedicada a la prestación de servicios de construcción, consultoría, diseño e interventoría para proyectos de obra civil, con altos estándares de calidad para superar las expectativas de sus clientes, brindando soluciones eficientes y eficaces para fortalecer el crecimiento y desarrollo del sector en el cual presta sus servicios, fomentando el bienestar y cuidado del medio ambiente a través de los empleados, contratistas y partes interesadas contribuyendo así con el desarrollo sostenible del país.

#### **2.4.1.2 Visión**

Posicionarse como una empresa Santandereana líder a nivel nacional en el sector de la construcción, diseño, consultoría e interventoría de obras civiles; con el desarrollo de proyectos que superen anualmente 800.000 metros cuadrados con el uso de tecnología BIM para alcanzar la excelencia de nuestros servicios.

### **3. Metodología**

En este apartado se mostrará la metodología a seguir para cumplir con los objetivos propuestos como auxiliar de ingeniería civil en el área de costos y presupuestos en la planificación de estructuras metálicas, hay que tener en cuenta que todas estas fases están ordenadas de manera que la fase siguiente dependa de la anterior:

#### **3.1 Fase 1 Recepción de datos y modelado.**

Análisis de planos estructurales suministrados por el cliente y modelado de la estructura metálica en Tekla structures para obtener dimensiones precisas.

#### **3.2 Fase 2 Apoyo en la Determinación de cantidades**

Se determinan las cantidades de acero estructural (perfilería, platinas, anclajes etc.) de manera que las cantidades de toneladas de fabricación permitan estimar cuanto tiempo, equipos, personal, transporte y herramientas serán necesarios para la ejecución del proyecto. Las cantidades no solo incluyen el peso del material sino además incluye su longitud y área para el caso de una platina. por último, se calcula el área superficial que será suficiente para calcular la cantidad de anticorrosivo y acabados que requiere la estructura. Se implementará el uso de Tekla Structures la cual es una herramienta de modelado que permite calcular y exportar las cantidades más detalladas a fabricar además de que visualmente es mucho más sencillo verificar que las cantidades estén en su totalidad. El modelado se realizará dependiendo de la complejidad del proyecto a cotizar. Se estimarán los costos por medio de Microsoft Excel.

##### ***3.2.1 Cuantificación de perfiles y anclajes.***

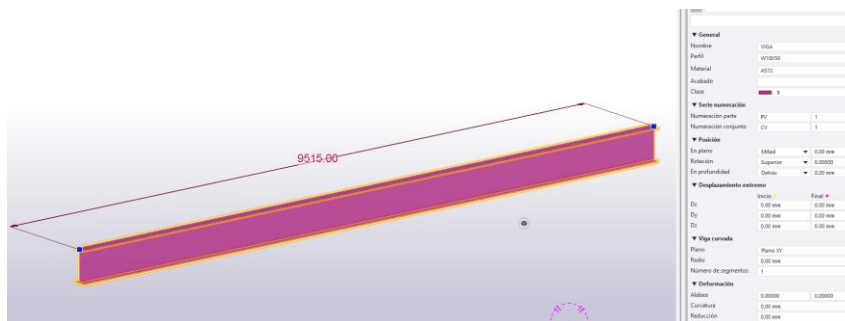
Cuando se cuenta con un modelo completo de la estructura a presupuestar en el software existe un filtro de selección que permite seleccionar únicamente perfiles longitudinales y generar informes de manera automatizada para cuantificar la cantidad de material necesario para fabricar

la estructura. Sin embargo, cabe aclarar que la perfilería comercial viene en medidas estándar de 6, 8, 9 y 12 metros que según la comodidad y necesidad son adquiridos. Generalmente los kilos de compra siempre son superiores a los kilos instalados ya sea por cortes y por las medidas comerciales por esto se debe añadir un porcentaje de desperdicio al valor unitario.

El software reconoce los nodos de cada elemento generando un informe de cantidades con la longitud total del elemento similares por lo que simplifica la cuantificación de los perfiles longitudinales.

**Figura 2**

*Nodos de cada elemento longitudinal.*



*Nota.* Como se ve en la imagen se muestran los nodos del elemento con su longitud total Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023.

**Figura 3**

*Informe de perfil longitudinal*

Long. (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area un. (m2)	Area Total (m2)	Peso br. un. (kg)	Peso br. tot (kg)
9515	190	457	15.605	15.605	699.91	699.91
9515				15.605 m2		699.91 Kg

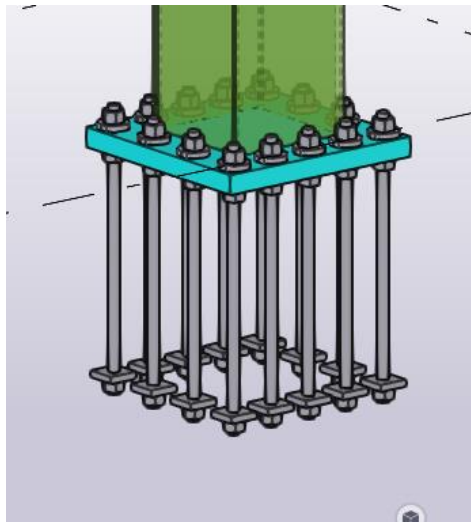
*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023.

### 3.2.2 Cuantificación de platinas

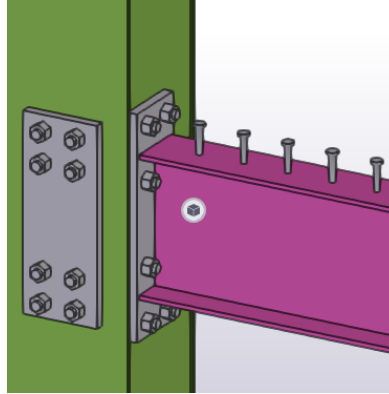
Las platinas son elementos muy importantes que conectan los anclajes a las columnas y las vigas a las columnas ya sea de manera pernada o atornillada, a lo largo de todo el proyecto hay múltiples platinas de diferente geometría que harían el cálculo de cantidades bastante tedioso, por lo que el programa reconoce la geometría de la pieza y la encierra en el rectángulo más pequeño en el que entre esta pieza para generar una cuantificación más válida y rápida.(ICONTEC, 2021)

#### Figura 4

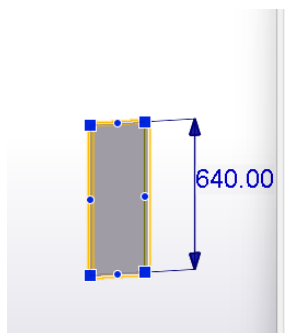
*Conexión de placa base*



*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023.

**Figura 5***Conexión viga columna*

*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023.

**Figura 6***Informe de cuantificación de platinas o placas.*


Material	Long. un. (mm)	Long. (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area un. (m2)	Area Total (m2)	Peso br. un. (kg)	Peso br. tot (kg)
S572	640	640	32	250	0.377	0.377	40.19	40.19
S		640				0.377 m2		40.19 Kg

*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023.

En este informe podemos notar que tabla incluye todas las dimensiones del elemento, su área superficial y su peso bruto total.

### 3.2.3 Cuantificación de área superficial

Geoméricamente es muy fácil determinar el área superficial para cada una de las piezas, pero un análisis completo de manera manual podría costar mucho tiempo además sin saber con

certeza que tan cerca o lejos del valor real se encuentre. Tekla Structures permite hallar en un instante el área superficial total de la estructura lo único que se debe hacer es seleccionar toda la estructura metálica montada y posteriormente generar un informe global que me de la información necesaria para determinar el área total a pintar.(ICONTEC, 2021)

### **3.3 Fase 3 Apoyo en la Formulación de precios unitarios como apoyo al APU de Peralta Ingeniería SAS**

El APU para una estructura metálica se compone de herramientas y equipos, Cuadrillas de fabricación, Materia prima e insumos, Sistemas de montaje (incluye equipos y herramientas) y cuadrilla de montaje. Sin embargo, el apoyo estará enfocado (como recomendación del tutor representante de la empresa) en la definición de precios unitarios por kilo calculados para la materia prima e insumos ya que a partir de estos datos se puede determinar el tiempo de ejecución tanto en planta como en campo.

#### **3.3.2 Cuantificación anticorrosivo y acabado**

Generalmente los anticorrosivos y acabados con su respectivo color, son considerados según las recomendaciones del diseñador estructural o simplemente se ajusta a las necesidades económicas del cliente pues a mayor calidad de anticorrosivos y acabados tendrá un lapso más largo para realizar mantenimientos y tendrá una mejor adherencia de color pero un mayor costo.(Jimenez Castaño et al., 2021)

#### **Ecuación 6 Calculo de rendimiento teórico con un porcentaje de eficiencia**

$$rend.Teorico = \frac{10 \cdot \%solidos \text{ en volumen} * 1000}{EPS (mils) * 25.4} \frac{m^2}{L}$$

$$\text{rend. Teorico} = \frac{10 \cdot \% \text{solidos en volumen} * 1000 * 0,26172}{\text{EPS (mils)} * 25.4} \frac{\text{m}^2}{\text{gal}}$$

**Tabla 6**

*Resumen de costos para cada tipo de anticorrosivo y acabado según el mercado.*

PINTURA	\$	MILS	REND
Autoimprimante epóxico Interseal 670HS AB (PINTUCO)	\$ 226.000,00	3	29,0
Autoimprimante epóxico Sikacor 60 AB (SIKA)	\$ 114.000,00	3	24,5
Imprimante epóxico Sikacor FZ AB (SIKA)	\$ 502.089,00	3	21,0
Imprimante epóxico fosfato de zinc AB (SIKA)	\$ 235.000,00	3	21,0
Barrera epóxica AB (SIKA)	\$ 462.000,00	3	21,0
Anticorrosivo alquídico fosfato de zinc (TONNER)	\$ 87.000,00	3	19,0
Anticorrosivo en aceite (PINTASMAS)	\$ 44.000,00	3	12,0
Esmalte uretano Serie 36 (SIKA)	\$ 447.000,00	2	21,0
Esmalte uretano Interthane 990 AB (PINTUCO)	\$ 332.000,00	2	30,0
Esmalte uretano Sikacor 57 AB (SIKA)	\$ 247.000,00	2	30,0
Esmalte uretano CS AB (CARALZ)	\$ 309.000,00	2	20,0
Esmalte uretano LÍNEA 700 AB (TONNER)	\$ 217.000,00	2	19,0
Esmalte alquídico (SIKA)	\$ 148.000,00	3	14,0
Esmalte alquídico Pintulux (PINTUCO)	\$ 100.000,00	3	15,0
Esmalte alquídico Esmalton (TONNER)	\$ 71.000,00	3	19,0
Esmalte alquídico (PINTASMAS)	\$ 55.000,00	3	19,0
Esmalte acrílico Mantenimiento (PINTUCO)	\$ 176.000,00	3	15,0

*Nota.* Tabla de rendimientos creada por el autor.

La (**Tabla 6**) muestra cálculo realizado para cada tipo de producto anticorrosivo y acabado usado por peralta ingeniería que combina el valor por galón de cada producto el espesor en mils y el rendimiento del producto dado en metros cuadrados por galón.

Es posible calcular cantidad de anticorrosivo y acabado que requiere la estructura a partir del área superficial total y el rendimiento calculado para cada producto aplicado, donde determinando el volumen de anticorrosivo y acabado es posible determinar la cantidad de galones que se deben comprar por lo que para esta combinación se decidió usar una combinación de anticorrosivo epoxico junto con anticorrosivo alquídico esto sabiendo que la zona es de tipo C3.

### **3.4 Fase 4 Identificación de variables que afectan el costo de un proyecto.**

Cada proyecto asignado en el plazo de la práctica cuenta con variables que podrían alterar sustancialmente el presupuesto de una obra en estructuras metálicas, por lo que en este apartado se mostraran las variables que en su momento fueron encontradas, y que además generan un cambio radical en la presentación del presupuesto, esto quiere decir que es un índice para determinar qué tan viable económicamente puede ser un proyecto de construcción en estructuras metálicas por lo tanto en este apartado se mencionara el costo total de proyecto por kilogramo instalado de tal forma que podamos tener una magnitud de comparación con las variables trabajadas. (INVIAS, 2014).

### **4. Desarrollo de la práctica.**

Inicialmente los clientes contactan la empresa y envía la información pertinente del proyecto como los planos estructurales, generalmente cuando se trata de estructuras metálicas lo que se requiere inicialmente es una cuantificación de las piezas y de los kilogramos brutos totales de estructura a montar en obra. Sin embargo, en este caso el cliente llego con un concepto arquitectónico por lo que la información fue remitida al área de diseño la cual, con sus respectivas cargas de uso, su arquitectura y funcionalidad.

Una vez finalizado el diseño de la estructura, se calcula el peso total a partir del plano estructural, considerando únicamente el peso bruto instalado en campo, sin incluir sobrantes o recortes de fabricación. La cuantificación de elementos generalmente se realiza a partir de cálculos manuales de tabulado en Excel. Sin embargo, este error en el cálculo podría salir muy costoso por esto la práctica implementa el uso de Tekla Structures para tener más exactitud en los cálculos.

**Figura 7**

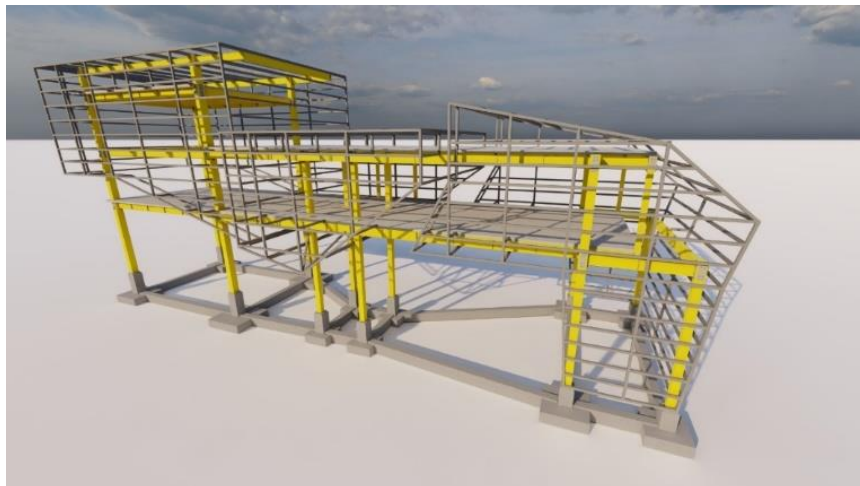
*Concepto arquitectónico.*



*Nota.* Este concepto arquitectónico fue suministrado por el cliente.

**Figura 8**

*Estructura Metálica acorde al concepto arquitectónico.*

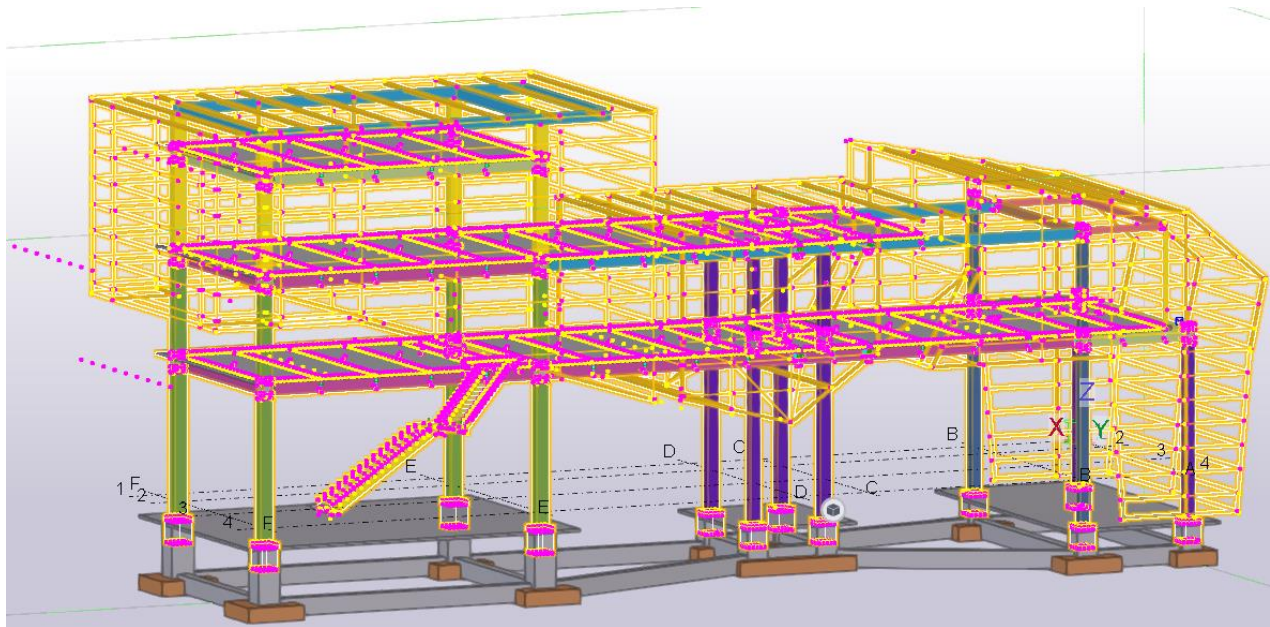


*Nota.* Propuesta diseñada por peralta ingeniería SAS.

Partiendo de que ya se cuenta con un modelo completo de la estructura metálica (**Figura 8**) se procede a determinar la cantidad de elemento instalados y adicionalmente se determina el área superficial total de la estructura.

**Figura 9**

*selección total de la estructura en Tekla Structures con un área superficial de 1610 m<sup>2</sup>.*



*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023 donde se seleccionan únicamente los elementos metálicos y se calcula el área superficial total y peso bruto de la estructura por tipo de perfil.

**Tabla 7**

*Cantidades totales de fabricación para estructura metálica de fachada*

PERFIL	LONG (mm)	PESO UN. (kg/m)	PESO (kg)	ESPECIFICACIÓN
PTE 90X90X2.0	901316	5,59	5038,4	ASTM A500 Gr.C
PTE 100X100X3.0	598375	9,22	5517,0	ASTM A500 Gr.C
PTE 150X150X4.0	296158	18,58	5502,6	ASTM A500 Gr.C
<b>PARCIAL DE PERFILES TUBULARES PTE</b>			<b>16058,0 kg</b>	
<b>PESO TOTAL</b>			<b>16058 kg</b>	

**Tabla 8***Cantidades totales de fabricación para estructura metálica interna*

PERFIL	LONG (mm)	PESO UN. (kg/m)	PESO (kg)	ESPECIFICACIÓN
WF 10 X 12	26348	17,90	471,6	ASTM A572 Gr.50
WF 12X14	42095	21,00	884,0	ASTM A572 Gr.50
WF 14X26	16973	39,00	661,9	ASTM A572 Gr.50
WF 16X26	196354	38,80	7618,5	ASTM A572 Gr.50
WF 16X36	38444	53,57	2059,4	ASTM A572 Gr.50
WF 18X40	69466	59,53	4135,3	ASTM A572 Gr.50
WF 18X50	99695	74,41	7418,3	ASTM A572 Gr.50
WF 21X50	13346	74,41	993,1	ASTM A572 Gr.50
<b>PARCIAL DE PERFILES LAMINADOS</b>			<b>24242,2 kg</b>	
PTE 150X150X6.0	7034	27,41	192,8	ASTM A500 Gr.C
<b>PARCIAL DE PERFILES TUBULARES PTE</b>			<b>192,8 kg</b>	
PERLÍN C 254 X 67 X 2.0	34800	6,37	221,7	ASTM A1011
<b>PARCIAL DE PERFILES LAMINADOS EN FRÍO PHR</b>			<b>222 kg</b>	
C 10 X 15.3	24760	22,80	564,5	ASTM A572 Gr.50
<b>PARCIAL DE CANALES LAMINADOS</b>			<b>564,53 kg</b>	
L 2 X 1/8"	30856	2,46	75,9	ASTM A36
<b>PARCIAL DE ÁNGULOS Y BARRAS LISAS</b>			<b>75,9 kg</b>	
<b>PARCIAL DE PERFILES</b>			<b>25297,2 kg</b>	
PLATINAS t=3mm (1/8")			21,5 kg	ASTM A36
PLATINAS t=6mm (1/4")			288,0 kg	ASTM A36
PLATINAS t=8mm (5/16")			87,3 kg	ASTM A36
PLATINAS t=9mm (3/8")			55,9 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=15mm (5/8")			114,5 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=22mm (7/8")			96,7 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=25mm (1")			807,7 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=32mm (1-1/4")			2429,6 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=50mm (2")			1324,7 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=63mm (2-1/2")			969,3 kg	ASTM A572 Gr.50
<b>PARCIAL DE PLATINAS PARA CONEXIONES</b>			<b>6195,2 kg</b>	
PLATINAS t=9mm (3/8")			2807,9 kg	ASTM A572 Gr.50
PLATINAS t=12mm (1/2")			13786,6 kg	ASTM A572 Gr.50
<b>PARCIAL DE PLATINAS PARA PERFILES ARMADOS (ENSAMBLADO)</b>			<b>16594,54 kg</b>	
BARRA ROSCADA Ø1"	72400	3,97	287,6	ASTM A193 Gr.B7
BARRA ROSCADA Ø1-1/4"	133880	6,40	857,4	ASTM A193 Gr.B7
BARRA ROSCADA Ø1-1/4"	91200	6,40	584,0	ASTM A193 Gr.B7
BARRA ROSCADA Ø1-1/2"	50960	8,95	456,0	ASTM A193 Gr.B7
TUERCA Ø1"		384 UN	-	ASTM A194 Gr.2H
TUERCA Ø1-1/2"		168 UN	-	ASTM A194 Gr.2H
TUERCA Ø1-1/4"		416 UN	-	ASTM A194 Gr.2H
TUERCA Ø1-1/4"		360 UN	-	ASTM A194 Gr.2H
<b>PARCIAL DE ANCLAJES, PASANTES Y TUERCAS</b>			<b>2185,1 kg</b>	
TORNILLERÍA Ø=1/2"		294 UN	-	ASTM A325
TORNILLERÍA Ø=5/8"		108 UN	-	ASTM A325
TORNILLERÍA Ø=3/4"		369 UN	-	ASTM A325
STUD-3/4X8		1787 UN	-	Fu > 450 MPa
<b>PESO TOTAL</b>			<b>50272 kg</b>	

*Nota.* Cuantificación de cantidades realizada por el autor. Este es un resumen de cantidades exportadas de tekla Structures a tablas de Excel. El programa suministra el tipo de perfil y su

longitud, el único valor añadido manualmente es su peso nominal por unidad de longitud suministradas por el proveedor, y su respectiva especificación al final se obtiene un total de 1610 metros cuadrados según la figura 9 de área superficial para una estructura de 66,330 kilogramos brutos.

El APU de una estructura metálica se divide en cuatro secciones: herramientas y equipos, mano de obra, insumos y consumibles, y montaje. Este trabajo se enfoca en la materia prima, insumos y montaje de la estructura.

La materia prima de una estructura metálica es la perfilería en acero estructural tipo C. Afortunadamente al contar con las cantidades de perfil necesarios para la construcción de la estructura optimiza el tiempo de cálculo de costos para este material, La cantidades tabuladas son presentado al área de compras quien se encarga de cotizar cada perfil por separado con diferentes proveedores, al final del ejercicio se suma el valor acumulado de todos los perfiles cotizados y estos se dividen en el peso total de la estructura instalada en campo, obteniendo un valor en \$/Kg para este ejercicio el valor por kilogramo al culminar es de \$ 7500.

Por lo que con este valor unitario de \$ 7,500 podríamos calcular el valor total de la estructura multiplicando el valor unitario por el valor total de peso bruto de la estructura.

Para este punto ya se tiene definido el sistema de protección (que incluye la preparación de superficie la aplicación de anticorrosivo y acabado), la cantidad de material y por último se define el tipo de preparación de superficie, en la Tabla 1 se puede ver los tipos de preparación para este caso el cliente solicito una limpieza SP6 o Sanblasting que consiste en un chorro abrasivo que prepara la superficie a pintar.

$$\text{Valor de limpieza SP6} = 9000 \left( \frac{\$}{m^2} \right) * 1610 m^2 = \$ 14'490,000$$

$$\text{Valorunitario por kilogramo instalado} = \frac{14'490,000\$}{66,330 \text{ Kg}} = 218.45 \frac{\$}{\text{kg}}$$

. Este sistema de protección va acompañado de una preparación de superficie, una capa de anticorrosivo y una capa de acabado, que según las condiciones en los que la estructura se encuentre expuestas varían para aumentar el tiempo de durabilidad.

$$\text{Galones anticorrosivo epoxico} = \frac{1610 \text{ m}^2}{24.5 \frac{\text{m}^2}{\text{gal}}} = 65.71 \text{ gal, aproximadamente 66 galones}$$

Donde cada galón tiene un costo de 114,000 \$ multiplicada por los 66 galones calculados da un valor de \$7'260 000 solo de anticorrosivo para una durabilidad baja de 7 años.

$$\text{Valorunitario por kilogramo instalado} = \frac{7'260 000 \$}{66,330 \text{ Kg}} = 109.5 \frac{\$}{\text{kg}}$$

$$\text{Galones acabado alquidico} = \frac{1610 \text{ m}^2}{19 \frac{\text{m}^2}{\text{gal}}} = 84.73 \text{ gal, aproximadamente 85 galones}$$

Donde cada galón tiene un costo de \$148,000 multiplicada por los 85 galones calculados da un valor de \$12'580 000 de acabado alquídico para una durabilidad baja de 7 años.

$$\text{Valorunitario por kilogramo instalado} = \frac{12'580 000 \$}{66,330 \text{ Kg}} = 189.66 \frac{\$}{\text{kg}}$$

Nota: hay que evidenciar que se tiene muchos productos de anticorrosivo epoxico y esmalte alquídico en el mercado por lo que el valor puede variar sustancialmente.

De los insumos más importantes se encuentra la soldadura hay una gran variedad sin embargo la soldadura diseñada para este proyecto fue una soldadura de arco revestido con protección a gas GMAW ER70S-6 y una soldadura de arco de electrodo revestido E7018, La cantidad de soldadura será calculada a partir del 3% del peso bruto de la estructura instalada esto

como recomendación de la norma para practicas estándar para edificios y puentes en acero.(ICONTEC, 2021)

**Ecuación 7 Calculo de soldadura total requerida por la estructura.**

$$\text{Soldadura total requerida} = 3\% * (\text{peso bruto total de la estructura})$$

$$\text{Soldadura total requerida} = 3\% * (66,330 \text{ Kg}) = 1989.9 \text{ Kg de soldadura.}$$

$$\text{Valor de soldadura} = 1989.9 \text{ Kg} * 22000 \frac{\$}{\text{Kg}} = \$ 43' 777,800$$

$$\text{Valor unitario de soldadura} = \frac{\$ 43'777,800}{66,330 \text{ Kg}} = 660 \frac{\$}{\text{Kg}}$$

**Tabla 9**

*Valores obtenidos por unidad de kilogramos brutos instalados.*

Materiales y consumibles						
300	Acero A500 gr C, A572 gr 50 y ASTM A36	Kg	1,080	\$ 7.500,00	\$ 7.807	
301	Soldadura (GMAW ER70S-6 YE7018)	Kg	0,030	\$ 22.000,00	\$ 660	
302	Ensayos no destructivos (tintas penetrantes)	Kit	1,000	\$ 150,00	\$ 150	
303	Preparación de la superficie SSPC-SP6	m2	0,024	\$ 9.000,00	\$ 218	
304	Autoimprimante epóxico Sikacor 60 AB (SIKA)	Galón	0,001	\$ 114.000,00	\$ 110	
305	Esmalte alquidico	Galón	0,001	\$ 148.000,00	\$ 189,7	
307	Grata, discos para corte y para pulidora	Global	0,003	\$ 30.000,00	\$ 75	
308	Bala de oxigeno	Global	0,001	\$ 55.000,00	\$ 55	
309	Gas de protección de soldadura	Global	0,002	\$ 60.000,00	\$ 120	
310	Pernos, conexión	global	0,050	\$ 5.000,00	\$ 250	
Sub total - Materiales					\$ 9.635	

Nota: Tabla calculada por el autor, la incidencia fue calculada al dividir el valor por kilo total en el valor de la unidad, la incidencia 1.08 de material asume que el material tendrá un desperdicio del 8%.

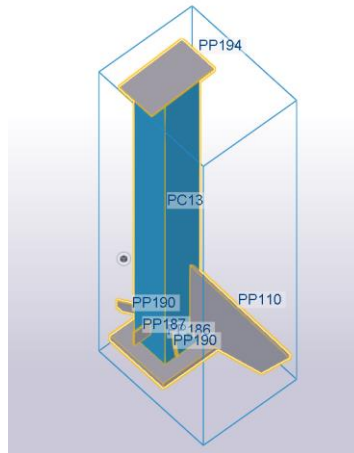
El valor de soldadura por kilo es un valor suministrado por peralta ingeniería SAS como un valor comercial para esta especificación de soldadura. el resto de los ítems son costos directos que se han generado a partir de los indicadores que la empresa a lo largo de los años ha recaudado según la cantidad de kilos se requieran producir como el valor de las gratas, balas de oxígeno y gas de protección gastado en relación con la cantidad de acero instalado, pero para esto es necesario tener exactitud en el cálculo del peso total.

Para la planificación de fabricación y montaje de muestra el aporte en el área ya que hay unos rendimientos específicos para la fabricación según el peso de la estructura, la cantidad de conjuntos o elementos ensamblados es un indicador de cuanta cuadrilla de armado y soldadura se requerirían para el proyecto. Pero estas variables son controladas por el director de planta quien debido a su experiencia decide cuanto tiempo toma construir la pieza y cuanto de su personal puede asumir la tarea, nuestro apoyo va enfocado a determinar que conjuntos pueden llegar armados a obra dato que le servirá para definirle al área de presupuestos el tiempo de fabricación, la cantidad de personal y el tiempo de alquiler de herramientas y equipos. Las estructuras de esta envergadura ocupan todos los roles de fabricación clasificados como corte, perforado, armado y resoldado. Por lo que las herramientas y equipos siempre estarán ocupados en la planta de fabricación es decir solo es requerida la variable de tiempo.

La ubicación de la estructura es en Floridablanca Guatiguara por lo que los trabajos realizados no serán fuera de la ciudad, en compañía con el coordinador de construcción se asumió una duración en obra de 45 días, de los cuales se requerirá algunas herramientas, y sistemas de montaje que permiten la instalación de la estructura sin ningún problema.

### **Figura 10**

*Ejemplo de conjunto (pieza conformada por elementos soldados en planta).*



*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023.

Las estructuras metálicas están compuestas por elementos armados llamados conjunto (**Figura 10**), los cuales se ensamblan para agilizar su instalación. Es muy importante conocer las dimensiones y el peso propio del conjunto más grande ya que este definirá el sistema de montaje que básicamente debe cumplir con la capacidad y el alcance suficiente para su instalación.

En la planta de fabricación no solo sirve para determinar su tiempo de fabricación, sino que además permitirá gracias a su dimensión y peso, calcular cuantas piezas se pueden cargar en un camión de transporte, por lo que no solo nos permite conocer el tiempo de fabricación pues adicionalmente podríamos saber cuánto dinero requiere el transporte de la pieza a obra.

el subcontratista del camión grúa debe realizar una visita en obra verificar la accesibilidad, la distancia longitudinal, la altura y la capacidad de carga que debe tener el sistema de montaje y el dentro de su repertorio elige el camión grúa más conveniente y seguro para realizar el montaje.

### **Tabla 10**

*Tabla de alquiler para equipos y sistemas de montaje.*

Equipos y herramientas					
Equipo	\$ alquiler dia	dias actividad	% uso	Dias	
Herramienta menor	\$ 25.000,00	30	100%	30	
Planta electrica	\$ 134.000,00	30	100%	30	
Pulidora 4-1/2"	\$ 6.600,00	30	200%	60	
Pulidora 9"	\$ 13.200,00	30	200%	60	
Compresor de aire para pintura	\$ 30.000,00	0	5%	0	
Pistolas para pintura	\$ 15.000,00	0	20%	0	
Andamios:1 torre 9X1,40 m Altura=22 m (con 2 accesos)	\$ 206.000,00	0	200%	0	
Andamio multi direccional certificados: torres de 4 m	\$ 48.000,00	0	100%	0	
Andamios:3 torres de 6 m con barandal	\$ 150.000,00	30	100%	30	
Camión grua pequeño	\$ 700.000,00	0	100%	0	
Sistema de montaje: Camión grua 6 ton altura=16 m Alcance horizontal=16 m (900Kg)	\$ 1.500.000,00	0	100%	0	
Sistema de montaje: Camión grúa 10 ton Altura=23m Alcance horizontal=20m (800kg)	\$ 2.250.000,00	0	100%	0	
Sistema de montaje: Camión grúa 23 ton	\$ 2.500.000,00	15	100%	15	
Sistema de montaje: Grúa h=34m Carga=14Ton Peso=220Ton	\$ 10.000.000,00	0	100%	0	
Sistema de montaje: Grúa h=12m Carga=6.5Ton Peso=70Ton	\$ 6.000.000,00	0	100%	0	
Sistema de acceso: Manlift h=14,87m Alcance=8,65m Peso=230Kg	\$ 714.000,00	15	100%	15	
Sistema de acceso: Manlift h=17m Peso=250Kg	\$ 642.600,00	0	100%	0	
Sistema de acceso: Manlift h=20m Peso=250Kg	\$ 785.400,00	0	100%	0	
Sistema de acceso: Tijera h=9,8 m Peso=250Kg	\$ 257.040,00	0	100%	0	
Sistema de acceso: Tijera h=12 m Peso=320Kg	\$ 261.800,00	0	100%	0	
Polipasto	\$ 25.000,00	0	100%	0	
Motosoldador	\$ 117.500,00	30	200%	60	
Planta eléctrica	\$ 134.000,00	0	100%	0	

*Nota.* La **(tabla 10)** contiene información que hace parte de la base de datos de peralta ingeniería SAS y los elementos necesarios para ejecutar la instalación de la estructura.

Como se puede ver en la tabla fue asignado un sistema de montaje con una capacidad de 23 toneladas más un manlift para poder liberar la carga estos dos sistemas de montaje fueron asumidos para 15 días con un valor total de 48'210 000 \$ que al calcular su valor unitario por kilo instalado a 726,82 \$/Kg.

$$\text{Valor unitario de sistema de montaje por kilo} = \frac{48'210\ 000\ \$}{66,330\ Kg} = 726,82\ \frac{\$}{Kg}$$

## 5. Análisis de Variables que influyen en el presupuesto de una estructura metálica.

### 5.1.1 Materia prima.

El valor unitario por kilo de estructura montada varía dependiendo de la disponibilidad que tenga el perfil en el mercado, cuando el perfil es muy demandado el valor de este podría duplicarse es decir podríamos pasar de \$ 6,500 a \$13,000 por kilogramo como lo podría ser los perfiles de tipo HEB los cuales son perfiles muy escasos o perfiles de sección variable y por ello

solo en algunas ocasiones se propone perfiles armados con platinas en acero estructural que permitan disminuir sustancialmente el costo del proyecto. Esta problemática está muy ligada al área de diseño pues en ocasiones el cliente solicita solo la construcción de la estructura mas no la consultoría y usualmente el diseñador define perfiles que no son comerciales o que simplemente son muy escasos por lo que ejecutar el proyecto se vuelve completamente inviable económicamente. El valor unitario por kilo instalado solamente para el valor del acero tiene más impacto que cualquier ítem de todo el APU (**Tabla 9**).

### **Figura 11**

*perfil de sección variable fabricado con platinas en acero estructural.*



*Nota: La estructura tiene un elemento de sección variable que no es accesible en el mercado por lo que es un perfil armado a partir de platinas en acero estructural. Captura del proyecto puente caño Pereira de la base de datos de peralta ingeniería SAS.*

### **Figura 12**

*Estructura construida con perfiles armados.*



*Nota.* Captura del proyecto elevadores edificio Fray evangélico de la base de datos de peralta ingeniería SAS. Como se puede ver este elevador cuenta con sus columnas armadas a partir de platinas en acero estructural A572 grado C ya que el diseño estaba contemplado con perfiles fuera del mercado.

### ***5.1.2 Limpieza, anticorrosivo y acabado.***

El valor unitario para la limpieza puede variar demasiado, hay diferentes tipos de limpieza de superficie que mejoran la calidad del perfil de anclaje (**Tabla 5**), sin embargo, cuando la limpieza es tipo SSPC SP5 con un acabado blanco, la cantidad de insumos se multiplica por 6 y el rendimiento se divide por 6 en comparación con la limpieza de tipo SSPC SP6 limpieza con chorro abrasivo comercial más usado. Mientras la limpieza SP6, se consumen 50 kg de arena por metro cuadrado, la limpieza SSPC SP5 este consumo se eleva a 300 Kg. Esto implica que el costo por kilogramo se multiplicaría por 6.

$$\text{Valor de limpieza SP5} = 54,000 \left( \frac{\$}{m^2} \right) * 1,610 m^2 = \$ 86'940,000$$

$$\text{Valor unitario SP5} = \frac{86'940,000\$}{66,330 Kg} = 1310.7 \frac{\$}{Kg}$$

$$\text{Valor de limpieza SP6} = 9,000 \left( \frac{\$}{m^2} \right) * 1,610 m^2 = \$ 14'490,000$$

$$\text{Valor unitario SP6} = \frac{14'490,000\$}{66,330 Kg} = 218.45 \frac{\$}{Kg}$$

El diseño contra la corrosión para una zona tipo C3 (**Figura 1**) en para el ejemplo mostrado en Piedecuesta podría necesitar tan solo 7 mils (una capa de epoxico y una capa de acabado) con una duración de 7 a 15 años (**Tabla 2**), mientras que para una zona tipo C5 se necesitarían 14 mils con una durabilidad de 15 a 25 años (**Tabla 4**). (Jimenez Castaño et al., 2021).

Con esto podríamos notar que al aumentar el número de capas se podría duplicar el valor del anticorrosivo y acabado ya que se duplica el espesor protector contra la corrosión para la estructura metálica.

En resumen, para un ambiente agresivo C3 el valor para la aplicación de anticorrosivo y acabado podría estar rondando 193.7 \$/Kg y para una zona de ambiente corrosivo agresivo C5 387.4 \$/Kg sin contar que el valor de mano de obra para la cuadrilla de pintura se duplicaría.

La estructura analizada anteriormente tiene un valor de 726,82 \$/Kg para el sistema de montaje seleccionado. Hay que entender que no en todos en todos los casos se usara el mismo sistema de montaje con la misma capacidad y alcance. El siguiente es un ejemplo de un proyecto adicional que se revisó durante la práctica donde las secciones son muy livianas para el sistema de montaje seleccionado, este ejercicio de comparación se realizó para evidenciar que las condiciones de obra y el peso de la estructura pueden incrementar los costos sustancial e indirectamente el valor unitario de una estructura metálica.

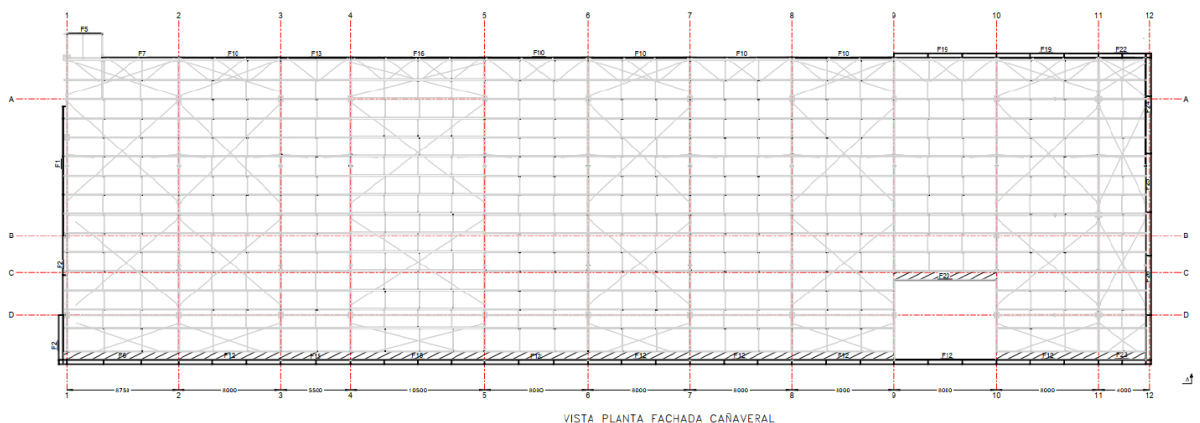
Es necesario entender que una variable fundamental que podría modificar sustancialmente el valor por kilo de estructura instalada es el peso propio de la misma estructura. Cuando las

estructuras son demasiado livianas y requiere por las condiciones de obra la selección de un sistema de montaje el valor unitario de instalación aumenta sustancialmente.

El segundo proyecto analizado es un soporte de fachada en estructura metálica (**Figura 13**) que tiene un peso de aproximadamente 10 toneladas para efectos prácticos y una altura de posicionamiento aproximado de 40 metros de altura, requiere un excelente sistema de montaje no solo que cumpla con la capacidad sino también altura y alcance longitudinal. La estructura está compuesta por 25 marcos de 400 Kg cada uno para un total de 10,000 Kg. Ahora con apoyo de la representante de la empresa se asumió la instalación de 2,000 kg alrededor de 5 conjuntos en una noche. El camión grúa que tiene un costo de alquiler diario de 6 000,000 \$ que debido a las condiciones de obra es el sistema más económico con la capacidad y el alcance. Provocando que el valor por kilo llegue a 3,000\$/Kg simplemente porque es el único sistema de montaje capaz de instalarlo.

### Figura 13

*Vista en planta fachada centro comercial cañaveral.*



*Nota.* Captura tomada por el autor desde el software Tekla Structures 2023. Vista en planta de la ubicación perimetral de la fachada.

## **6. Documentación y reporte**

Durante la ejecución de la práctica cada dato recopilado durante la cuantificación de cantidades se entregó a la tutora en representación de la empresa Peralta ingeniería SAS quién se encargaría de sugerir algunas correcciones y la respectiva revisión final de cantidades y cálculos. Las cuadrillas, los tiempos de obra, equipos y herramientas no fueron variables que aportarán al enfoque de la práctica ya que por instrucción de mi tutora todas las demás tareas dependen del trabajo más simple que es una excelente cuantificación de elementos estructurales y definición de insumos.

## 7. Conclusiones

Existen herramientas que permiten cuantificar la cantidad de perfiles longitudinales que un proyecto requiere, ya sean las herramientas de tabulado, combinándola con software CAD o de modelado BIM como Tekla Structures permitiendo determinar en un instante la longitud total de los perfiles, su peso y área superficial.

Es importante que las estructuras metálicas sean diseñadas con perfiles comerciales ya que esto podría generar un incremento del 100% en el valor de un perfil. afortunadamente hay prácticas que pueden evitar el incremento gracias al uso de perfiles armados que sustituirían el perfil poco accesible en el mercado.

Es necesario definir un sistema de protección contra la corrosión económico que asegure un tiempo de vida útil adecuado ya que, proteger la estructura con un nivel C5 comparado con una clasificación C3 podría duplicar el valor y al contrario podría disminuirlo, pero generar grandes costos por el mantenimiento constante que requeriría la estructura. Incluso el hecho de elegir un sistema de preparación de superficie podría aumentar los costos hasta 6 veces.

Como se puede ver en la (**tabla 9**) el ítem con mayor valor unitario es el de acero estructural el cual con un mal cálculo de cantidades o el hecho de considerar los perfiles no comerciales provocarían la inviabilidad del proyecto.

Las estructuras livianas no siempre son más económicas, ya que en ciertas condiciones de obra el montaje puede requerir sistemas costosos que incrementen el valor unitario por kilogramo instalado hasta cuatro veces.

El presupuesto final proyectado para la estructura estudiada dio un valor total de 15,204 \$ por kilogramo instalado, incluyendo costo directo unitario de fabricación y montaje, áreas que dependen netamente de los kilogramos que se requieren producir e instalar. Por lo que aquellos

valores calculados comparando diferentes condiciones, generan costos por kilo que tienen gran impacto en el valor total de la estructura.

## 8. Referencias Bibliográfica

Armesto, A. M. (2015). *Precio y costo de las construcciones* (1st ed.). Editorial Brujas.

ICONTEC. (2021). *Practicas estándar para edificios y puentes en acero NTC-5832:2021*.

<https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=80336>

INVIAS. (2014, diciembre 19). Análisis de precio unitario.

<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/hechos-de-transparencia/analisis-de-precio-unitarios>

Jimenez Castaño, F. A., Huertas Salcedo, J. I., Casallas Salinas, Q., & Velásques Salinas, J. C.

(2021). *Guía técnica 5 ICCA Protección contra la corrosión* (primera edición).

Picón Calderón, S. J. (2021). *Práctica empresarial: En la empresa Uriel Hernández Ingeniería*

*Civil S.A.S. como auxiliar de ingeniería en la estimación de cantidades, presupuestos y control en proyectos de construcción y remodelación*. Universidad Industrial de Santander,

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil.