



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**SEGUIMIENTO Y CONTROL DE ACERO EN EL PROYECTO
“AMPLIACIONES TALLERES METRO DE MEDELLÍN”**

Autor

Yakeline Velasquez Bolivar

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2020



SEGUIMIENTO Y CONTROL DE ACERO EN EL PROYECTO “AMPLIACIONES
TALLERES METRO DE MEDELLÍN”

Autor:

Yakeline Velasquez Bolivar

Trabajo de grado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Asesor interno:

Yenni Mariana Ramírez Mazo, Ingeniera civil

Asesor Externo:

Andrés Felipe Díaz Rivera, Ingeniero civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2020.

SEGUIMIENTO Y CONTROL DE ACERO EN EL PROYECTO “AMPLIACIONES TALLERES METRO DE MEDELLÍN”

Resumen

El metro de Medellín es un sistema de transporte masivo que atraviesa el área metropolitana de Medellín desde el norte hasta el sur. Debido a su gran importancia en territorio y al crecimiento de la población, la Empresa de Transporte Masivo del Valle del Aburrá - Metro, se ve en la obligación de ampliar sus instalaciones de almacenamiento y mantenimiento de trenes, donde nace el proyecto “Ampliaciones Talleres metro de Medellín” en la estación Bello.

En vista de que la construcción proyectada es de gran magnitud, no fue posible tener en obra la totalidad de acero necesario para todo el proyecto, por esta razón se realizaron pedidos de acero periódicamente. Durante el proceso constructivo se encontraron inconsistencias al momento de armar los diferentes elementos, debido a que las cantidades especificadas en los planos no coincidían con las solicitadas en obra, por otra parte, en ocasiones se presentan actividades prioritarias que precisaban el uso del acero ya suministrado; lo cual ocasionaba alteraciones en la programación de obra.

Para dar solución a los inconvenientes mencionados anteriormente se decidió realizar un seguimiento al material en el proyecto a través de la creación de una serie de formatos para control diario del acero. Para ello se identificaron las falencias y las respectivas intervenciones solución. Los registros para cada uno de los formatos fueron obtenidos a través de visitas diarias a campo, información suministrada por los fierros y sustraída de los planos del proyecto. Una vez definidas las problemáticas a solventar con los formatos, se requirió firmas aval en planos antes de llevar a cabo el armado, se realizaron pedidos de acero estándar extra para cubrir material faltante debido a cambios de especificaciones, definición de lugares de acopios cerca de las zonas donde se iban a realizar las actividades. Como resultado de estas actividades se logró obtener mejoras en el rendimiento y en el cumplimiento de cronogramas.

Palabras clave: Seguimiento de material en obra, transporte masivo, Metro de Medellín, control de acero.

Introducción

El Metro de Medellín es un sistema de transporte masivo que atraviesa el área metropolitana de Medellín desde el norte de la ciudad hasta el sur, fue inaugurado el 30 de noviembre de 1995, operando entre las estaciones Niquía y Poblado, luego este tramo se extendió seis estaciones más, este sistema fue creciendo en conjunto de otros sistemas integrados. Actualmente el metro de Medellín funciona con 75 estaciones: 27 para trenes, 11 para cables, 9 para tranvía y 28 para buses, extendiéndose de esta manera por los municipios de Bello, Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y La Estrella, y mediante sus rutas integradas a diferentes municipios cercanos. El Metro ha realizado más de 2000 millones de viajes, trabajando con energías limpias, a lo que se le conoce como Movilidad Sostenible, lo que ha generado un gran impacto en la sociedad siendo reconocido a nivel mundial (Metro de Medellín Ltda, 2020).

En adición al crecimiento del Metro de Medellín con sus diferentes rutas integradas, el sistema de transporte se hace esperar con uno de los proyectos más esperados en el país, como lo es revivir el Ferrocarril de Antioquia. Su función será activar la economía a través del transporte de mercancía, a su vez que contribuirá a reducir las emisiones de camiones que distribuyen la mercancía que llega a los puertos; así como planea transportar personas e integrarse con el Metro de Medellín.

Debido a su gran importancia en la ciudad y al crecimiento de la población, la Empresa de Transporte Masivo del Valle del Aburrá - Metro, se ve en la obligación de ampliar sus instalaciones de almacenamiento y mantenimiento de trenes, donde nace el proyecto "Ampliaciones Talleres Metro de Medellín" en la estación Bello donde se encuentra la sede principal del sistema. El proyecto está contemplado dentro del contrato CN20180391, consistente en construir varias instalaciones como son un taller de soldadura, ampliación de líneas férreas, taller de perfiladora, una subestación eléctrica y un nuevo taller de mantenimiento en general; edificaciones que requieren de una gran suma de acero para el desarrollo de su proceso constructivo y posterior alcance de la resistencia de diseño (Metro de Medellín Ltda, 2019).

En vista de que la construcción proyectada es de gran magnitud, no es posible contar con el suministro de la totalidad de acero necesario en toda la obra, y por esta razón se realizan pedidos de acero periódicamente. Durante el proceso se han encontrado inconsistencias en el momento de construir, debido a que las cantidades especificadas en los planos no coinciden con las solicitadas en obra, por otra parte, en ocasiones se presentan actividades prioritarias que precisan el uso del acero ya suministrado; lo cual puede ocasionar alteraciones en la programación de obra.

Para dar solución a este problema, se implementó una metodología de control de cantidades en obra, que permitió verificar y realizar trazabilidad del acero. Para llevar a cabo tal fin se creó una base de datos aplicación para el registro de las cantidades de acero especificadas en los registros y planos, las cantidades de acero que llegan a la obra mediante pedido, creación de alertas para el mantenimiento del cronograma de actividades que involucran el uso de acero, entre otras herramientas que permitieron coordinar las cantidades a instalar en cada uno de los elementos estructurales en construcción.

Darle solución a los inconvenientes que se vienen presentando permite avanzar mucho más rápido en la obra, generando satisfacción para el cliente sin dejar de lado la calidad. Es conocida la importancia que representa el metro para el país y aún más para la ciudad, sumado a los proyectos a futuro con los que cuenta el sistema de transporte masivo.

Objetivo general

Diseñar una base de datos aplicación para el seguimiento y control de cantidades de acero en el proyecto “Ampliaciones talleres metro de Medellín”.

Objetivos específicos

- Identificar procesos efectuados en el proyecto para actividades de recibo, acopio, almacenamiento y utilización de acero en obra.
- Facilitar el seguimiento del acero en obra según las actividades programadas.
- Gestionar el control del acero en obra por medio de su contabilidad y custodia.
- Identificar inconsistencias en las cantidades de acero existentes en almacén.
- Contribuir al cumplimiento de cronograma en obra a través de la optimización de tiempos por trazabilidad del acero.
- Unificar registros de contabilidad, características y ubicación del acero en obra.

Marco Teórico

El Ferrocarril de Antioquia fue un sistema de transporte que operó en el departamento desde el año 1921 hasta 1969, consistía en una red ferroviaria dedicada al transporte de carga y pasajeros, transitando por diferentes lugares poco turísticos. Esto logró mejorar la economía, los tiempos de entrega de mercancía y la activación del turismo en municipios antes poco reconocidos a nivel nacional. Por dificultades económicas para el mantenimiento y óptimo funcionamiento de la red ferroviaria, dejó de operar. Posteriormente, como idea de conexión entre los municipios de Bello y Medellín, y para en un futuro extenderse por el Área Metropolitana, nace el proyecto Metro de Medellín, el cual tuvo aprobada su licitación en 1983; en 1985 se dio inicio a la construcción y solo hasta 1994 se realizaron las primeras pruebas del sistema.

Actualmente Metro de Medellín es un sistema de transporte rápido y una de las primeras experiencias de transporte público moderno en el país, es único en su modalidad en Colombia; cuenta con estaciones en municipios de Bello, Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y La Estrella. Como proyecto de gobierno del pasado gobernador de Antioquia Luis Pérez Gutiérrez, se planteó el proyecto de reactivación del Ferrocarril de Antioquia; este en conjunto con el Metro de Medellín buscará unir el Valle de Aburrá con municipios del nordeste y occidente Antioqueño (Jiménez, 2019).

El Metro de Medellín, después de 20 años de su inauguración requiere de una ampliación en sus talleres, para lo cual se requirió de los servicios de la empresa Romín Omicron, la cual fue subcontratada por el dueño del proyecto. El proyecto se lleva a cabo en la estación Bello donde se encuentran las oficinas de la parte administrativa del Sistema Metro y los patios donde son guardados los trenes una vez terminan su recorrido diario. El aumento de demanda de pasajeros que diariamente viajan en este sistema conlleva a realizar ampliaciones en sus instalaciones para lograr cubrir la demanda y de esta manera seguir ofreciendo un muy buen servicio. En la Figura 1 se presenta la zona a intervenir.



Figura 1. Ubicación del proyecto. (Mapio, s.f)

El objeto del contrato consiste en suministrar de manera oportuna el material, equipo y mano de obra para la ampliación de dichos talleres, trabajando por obtener la mejor calidad y en el menor tiempo posible. A través de un proceso de licitación pública se pudo obtener entonces el subcontrato “Ampliaciones talleres Metro de Medellín” el cual se centra en llevar a cabo toda la parte estructural de este proyecto.

La cantidad de acero requerida en el proyecto es bastante elevada, cientos de toneladas se instalan día a día en los diferentes elementos estructurales en proceso. A grandes rasgos, los protocolos para

el manejo del acero consisten realizar el cálculo de acero estructural necesario en los elementos a construir según la programación; a continuación se procede a la realización del pedido y la fijación de fechas oportunas para el recibo de acuerdo al proceso constructivo planeado, por lo cual se requiere precisión en las cantidades calculadas y solicitadas debido a que cada elemento estructural cuenta con unas especificaciones características que a veces imposibilita utilizar el acero que inicialmente tenía como destino otro elemento.

Por otra parte, el herrero es el encargado de manipular y armar el material que se lleva a obra siguiendo las indicaciones dadas por el residente quien conoce el cronograma que se debe cumplir, al ser un material esencial en la construcción, el manejo de grandes cantidades que debe tramitar el herrero ha provocado inconsistencias en la existencia y localización de los insumos, generando dificultades en el proyecto, tales como retrasos, sobrecostos, desperdicios de material entre otros.

Para el caso particular del proyecto “Ampliaciones talleres Metro de Medellín”, no se cuenta con un acopio de materiales custodiado y controlado, sumado a que la magnitud del proyecto requiere de muchas personas trabajando diariamente en instalación de acero, lo cual genera la incertidumbre frente a que el acero puede ser cortado y utilizado para un fin diferente para el cual se solicitó. Esta situación se ve reflejada en el hecho de que, al momento de armar algunos elementos, a veces no alcanza el acero disponible o simplemente no hay existencias, lo que implica pedir nuevamente material para cubrir los faltantes.

Para darle una solución a las dificultades mencionadas, se plantea la creación de una metodología que dinamice la administración del material al interior del proyecto, mantenga un orden establecido y propicie una ruta de manejo y control del insumo y los procesos asociados con su uso inmediato.

Es evidente que en el proyecto se vienen presentando diferentes inconvenientes en la parte logística y en relación con el manejo administrativo del recurso acero, sin embargo, la empresa trabaja constantemente en mejorar este tipo de inconvenientes, garantizando la entrega de los productos de los proyectos en el tiempo pactado, sin afectar la calidad. Dar solución al inconveniente actual del manejo del acero permitirá reducir tiempos y presentar resultados de manera más pronta sin afectar de ninguna manera el producto esperado.

Metodología

Para el alcanzar los objetivos propuestos, se realizaron las siguientes actividades:

- **Realización de visitas de campo para identificación de las zonas del proyecto en general, espacios de recibo y/o acopio de acero:**

Se realizaron visitas a campo diariamente en la mañana, una vez comenzaba la jornada laboral se recorrieron las zonas del proyecto en general y de esta manera se identificaron los lugares más convenientes para el recibo y/o acopio de acero, evitando que los trabajadores se vieran en la obligación de desplazarse distancias considerables para obtener

el material. La selección de los lugares de acopio debió escogerse teniendo en cuenta que ubicación del material no podía entorpecer otras actividades del proyecto.

- **Revisión de los planos suministrados por la empresa en los cuales se encuentran registrados los despieces de cada uno de los elementos a ejecutar en el proyecto:**

La modificación reiterada de los planos fue uno de los mayores inconvenientes obtenidos en el proyecto, debido a que esto generó, en ocasiones, desarmar el refuerzo de acero elementos después de terminado.

Como solución a este inconveniente y con el objeto de evitar pérdida de tiempo y material por cambios en especificaciones a última hora, la empresa tomó la decisión de solicitar que los ingenieros diseñadores firmaran los planos como autorización final para ejecutar.

En los planos suministrados por la empresa, debidamente aprobados y firmados, se observaron los diferentes despieces registrados, la geometría, alturas, profundidades, distancias entre otros parámetros de cada uno de los elementos a ejecutar en el proyecto.

- **Diseño de formatos de seguimiento para la contabilidad del acero:**

Se diseñaron formatos en Microsoft Excel para el ingreso de la cantidad de material instalado diariamente, además de los siguientes parámetros: diámetro, peso (el acero se adquiere por kg), longitud, cantidad, ubicación en el proyecto, nombre del elemento, registro fotográfico y observaciones.

- **Cálculo de las cantidades de acero especificadas en los planos:**

De acuerdo con los datos ingresados en los formatos de seguimiento, se procedió a programar el cálculo de cantidades de acero para cada plano. De esta manera se pudo verificar la cantidad de acero instalado, la cantidad total del proyecto, así como se logró identificar el acero para faltante para terminar la construcción.

- **Recolección de los datos de especificación de características (diámetro y longitud) de las barras de acero requeridas de acuerdo con el cálculo de cantidades:**

La empresa no contaba con el capital necesario para tener toda la cantidad de acero restante para culminar el proyecto en obra, por esta razón los pedidos se realizaban periódicamente sin afectar el rendimiento, por otra parte, se decidió pedir una cantidad de acero estándar adicional por si se presentaban modificaciones en los planos luego de haber realizado el pedido del material.

Para realizarse el correcto cálculo de las cantidades de acero necesario para generar el pedido, fue indispensable identificar en los planos una tabla en la cual se describía el tipo de varilla, con el cual se buscó el peso nominal para el diámetro especificado.

- **Verificación de los pedidos de acero que llegan al proyecto de acuerdo con la facturación y el registro de las características de las barras:**

La información recolectada en los formatos, se utilizó el software DL_NET G&J (G&J. s.f.), suministrado por la empresa, el cual compila el pedido de una manera más organizada, presentando las varillas por diámetro, longitud, figuración, y el total de material en kg, facilitando los tiempos de realización del pedido.

Los pedidos llegaban al proyecto y el herrero era el encargado de recibir el material. En la factura se especificaba la cantidad de varillas de acuerdo su diámetro, longitud y forma, se procedió a verificar estas características al mismo tiempo que se descargaba el material en los lugares asignados. Una vez el herrero recibía el material e informara que todo se encontraba en orden, el residente firmaba la factura y se dejaba una copia para de la misma en obra.

- **Contabilidad de acero faltante y uso de barras en elementos que no se tenía estipulado inicialmente:**

Debido a la decisión de la empresa de solicitar varillas de diferentes diámetros con longitud estándar, se creó un nuevo formato en el cual se lleva la contabilidad del acero que se figuraba a día a día en obra, el herrero encargado de corte y figurado, pasaba un reporte diario de la cantidad de acero que había sido necesario figurar con su respectivo diámetro. De acuerdo con el reporte anterior y a la necesidad de acero (según planos) en otros elementos en proceso, se asignaba la utilización de acero disponible.

- **Registro de la información en los formatos diseñados y adición de variables necesarias:**

La información requerida en los formatos diseñados se recogió en transcurso de la jornada laboral, además que el herrero reportaba el acero instalado en el día, con el cual se procedió a registrar los datos en el formato diseñado.

El formato fue diseñado de tal manera que, al ingresar el diámetro de la barra, automáticamente la hoja de cálculo en Microsoft Excel generara el peso en kg de la barra. Se adicionó la longitud y cantidad, y de esta manera las diferentes barras instaladas en el día, se adjuntaron las imágenes en donde se identificaba el lugar de instalación, se realizaba una breve descripción de la ubicación del elemento armado y finalmente observaciones en caso de ser necesario.

- **Integración de los formatos dentro de la base de datos aplicación:**

Como se menciona anteriormente se crearon varios formatos con diferentes propósitos, pero enfocados en un mismo material, los cuales se guardaron en un formato de Excel denominado "Acero en obra" en el cual se desplegaban varias hojas de Excel con los contenidos de reporte diario de cantidades (seguimiento), corte y figuración, y acero faltante.

La empresa debía pasar mensualmente un acta de obra, a partir de su aprobación se procedía a la facturación y posteriormente se realizaba el cobro al Metro de Medellín, del

avance obtenido en el mes. En esta acta se decidió anexar el formato de acero debido a que se tenía más claridad del acero instalado diariamente en obra y esto ayudaba a totalizar el acero instalado mensualmente.

- **Documentación del proyecto y realización de recomendaciones para futuros proyectos:**
En el presente informe queda registrada información detallada de cada uno de los formatos creados, definiendo sus variables, su funcionalidad y como influyó en el proyecto la creación de cada uno.

Los formatos diligenciados se guardaron en una carpeta llamada “Reporte diario” y una vez finalizado el mes el reporte de cada día se compilaron los reportes de los días laborales en la carpeta llamada “Acta de obra”, se imprimieron y se archivaron mes a mes junto con cada una de las actas.

El seguimiento del acero generó efectos muy positivos en la empresa y se implementó en otros proyectos.

Análisis y resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el proyecto de acuerdo a las actividades planteadas en la metodología:

- **Realización de visitas de campo para identificación de las zonas del proyecto en general, espacios de recibo y/o acopio de acero:**

El objetivo principal de las visitas de campo era identificar zonas de recibo y acopio de acero. Antes de la intervención se tenía la disposición del acero por diferentes sitios de la obra, lo cual aumentaba los tiempos de trabajo al requerirse el transporte del material de un sitio a otro, además de que en ocasiones el material acopiado indebidamente impedía la libre circulación o facilitaba su pérdida.

Los lugares seleccionados luego de un análisis de los sitios visitados, generaron resultados muy positivos, dado que los trabajadores encontraban su material muy cerca de la zona en la cual estaban trabajando sin obstaculizar otras actividades que se realizaban al tiempo.

En uno de los recorridos que se realizaban diariamente en el proyecto fue capturada la imagen que se muestra en la *figura 2*, en la cual se observa la instalación de acero para una de las vigas del proyecto llamada viga carrilera, la cual era armada y vaciada a nivel cero de la estructura, posteriormente elevadas y colocadas a su respectiva altura.



Figura 2. Instalación de acero en vigas.

En la *figura 3* se observa uno de los acopios definidos para colocar el acero debidamente organizado y cerca de la zona donde se iba a instalar, en este caso para el armado de vigas y columnas como se muestra en la imagen.



Figura 3. Acopios del material mal definidos.



Figura 4. Acopios del material bien identificados.

- **Revisión de los planos suministrados por la empresa en los cuales se encuentran registrados los despieces de cada uno de los elementos a ejecutar en el proyecto:**

Se logró identificar que en los planos físicos no coincidían con los planos digitales, lo cual era de esperarse debido a las constantes modificaciones, por esta razón se imprimían los planos más recientes en hojas de bloc comunes y solicitaba la firma del ingeniero diseñador previo a proceder con la instalación.

En la *figura 5* se observa un plano impreso y un plano en la plataforma de AutoCAD, ambos de la misma zona del proyecto, de esta manera se realizaba la comparación entre ellos y se verificaba si se presentaban diferencias en longitud, forma o profundidad en alguno de los elementos.

En caso de observar inconsistencias se procedió a la corrección de planos digitales y reimpresión con el fin de obtener el aval y de esta manera proceder al armado de acero en obra.

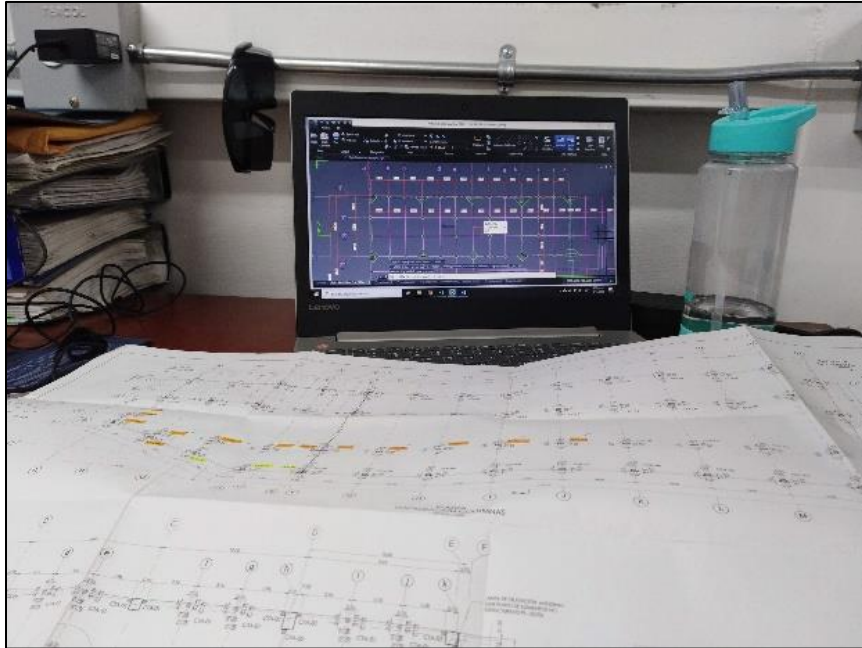


Figura 5. Proceso de comparación de planos.

Como solicitud de autorización para ejecutar la instalación del acero, en la *figura 6* se puede observar la firma del ingeniero encerrada en un círculo rojo y la respectiva observación que se realizó en bitácora como aval para dar inicio al armado en este caso de algunos anclajes.

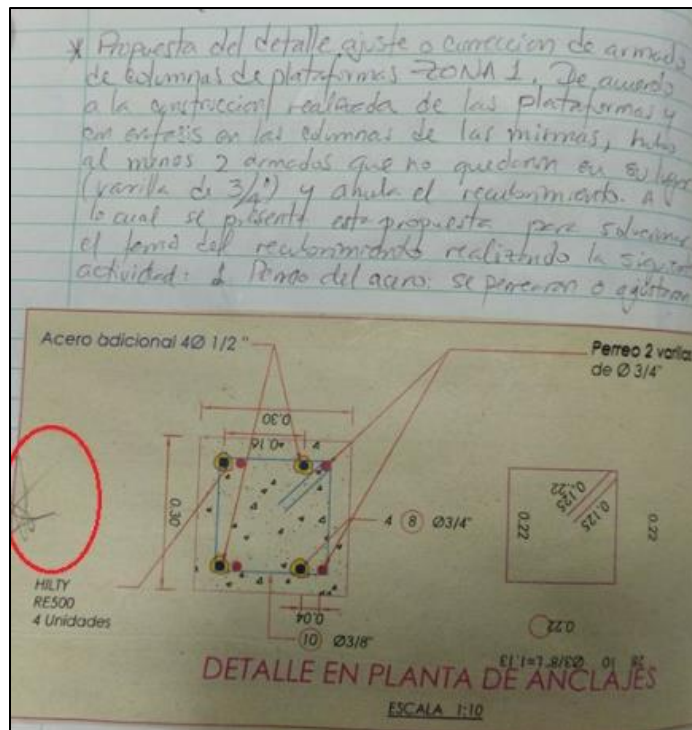


Figura 6. Firma en despiece.

- **Diseño de formatos de seguimiento para la contabilidad del acero:**

A continuación, se muestra el formato creado para contabilidad de acero instalado diariamente, en cual se puede observar la ubicación de la cada uno de los ítems y la estructura de este, se tuvo en cuenta que el formato proporcionara facilidad para digitalizar los datos, contiene información muy detallada de todo lo relacionado con la contabilidad diaria del acero en el día. De acuerdo con ello se definió la productividad de instalación diaria, así como el replanteamiento de metas en caso de ser necesario.

La *Tabla 1* es un ejemplo de un formato totalmente diligenciado con la cantidad de acero instalado de un día común en el proyecto. Cabe aclarar que estos formatos se diligenciaron diariamente durante la ejecución de este proyecto y reposan en las bitácoras de obra.

Tabla 1. Formato de reporte diario de acero.

ITEM N°.		UNIDAD	No CORTE	PERIODO DEL CORTE:				NUMERO ELEMENTOS	TOTAL		
		KG	2	LOCALIZACIÓN	CANT. ELEMENTOS	# DE BARRA	PESO x ML	LONGITUD	SUBTOTAL KG		
	INSTALACIÓN DE ACERO PLATAFORMAS			EYES 1,2,3,4	129	5	1.5625	8.3	12.97	6	10037.81
						3	0.5625	8.1	4.56	6	3526.54
						3	0.5625	1.23	0.69	71	6336.88
						3	0.5625	1.3	0.73	33	3112.93
	INSTALACIÓN DE ACERO ESCALERAS			EYES 1,2,3,4	14	4	1	1.27	1.27	6	106.68
						4	1	1.7	1.70	8	190.40
						4	1	1.75	1.75	6	147.00
						4	1	1.5	1.50	21	441.00
						2	0.25	1.3	0.33	8	36.40
						2	0.25	0.7	0.18	42	102.90
						4	1	4.1	4.10	6	344.40
						4	1	2.31	2.31	6	194.04
	INSTALACIÓN ESTRIBOS DE COLUMNAS DEMOLIDAS			EYES 1,2,3,4	5	3	0.5625	1.13	0.64	24	76.28
						3	0.5625	1.13	0.64	24	76.28
	INSTALACIÓN PARRILLA Y ARRANQUE COLUMNA			EIE 4	1	4	1	1.35	1.35	15	20.25
						6	2.25	2.65	5.96	4	23.85
						3	0.5625	1.13	0.64	5	3.18
	INSTALACIÓN ACERO ADICIONAL PLATAFORMAS RECUBRIMIENTO MAYOR A 12 CM			EYES 2,3,4	1	3	0.5625	0.55	0.31	63	19.49
						3	0.5625	1.1	0.62	21	12.99
									0.00	0.00	
									SUBTOTAL	25,104.25	
									CANT. A PAGAR	25,104.25	
											

- **Cálculo de las cantidades de acero especificadas en los planos:**

Se muestra a continuación el cálculo de un elemento del proyecto como ejemplo (*Tabla 2*), una vez calculada la totalidad de acero necesario en el proyecto y realizando el reporte diario de acero, se planificaban los vaciados y las fechas límites para realizar nuevos pedidos logrando evitar reprocesos por falta de material en el proyecto.

Los elementos del proyecto estaban nombrados cada uno según su especificación, en la *Tabla 2* se muestra la contabilidad para una de las vigas de la estructura llamada “Viga 01 de cubierta nuevo taller” en donde cantidad se refiere al número de varillas, el diámetro viene expresado en pulgadas, la longitud en metros y el peso en kilogramos por metro lineal.

Tabla 2. Formato contabilidad del acero.

ACERO REFUERZO						
ELEMENTO	CANT	DIAMETRO	PESO	LONG	PESO	TOTAL
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	17	6	2.25	6	229.50	3491.43
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	6	6	2.25	5.5	74.25	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	15	6	2.25	6	202.50	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	12	6	2.25	11	297.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	6	6	2.25	10.5	141.75	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	5	5	1.5625	7.5	58.59	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	5	5	1.5625	3.5	27.34	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	2	6	2.25	11	49.50	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	4	6	2.25	11	99.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	5	5	1.5625	10.5	82.03	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	5	5	1.5625	12	93.75	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	5	5	1.5625	10	78.13	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	4	4	1	3	12.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	4	4	1	4.8	19.20	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	8	4	1	11	88.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	4	4	1	10	40.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	194	4	1	2.73	529.62	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER	240	4	1	2.29	549.60	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	6	4	1	8	48.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	6	4	1	3	18.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	12	4	1	11	132.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	6	4	1	10	60.00	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	182	4	1	1.47	267.54	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	79	4	1	1.27	100.33	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	60	4	1	1.27	76.20	
VIGA 01 DE CUBIERTA NUEVO TALLER -	80	4	1	1.47	117.60	

Cabe aclarar que en este formato se realiza el registro por conteo del número de varillas, y se identifica sus respectivos diámetros y longitud. El peso por metro lineal es estándar según el tipo de varilla (dimensiones) y el peso total es calculado como se detalla a continuación para un ejemplo tipo:

Cantidad: 17 varillas

Diámetro: 6 pulgadas

Peso de una varilla de 6 pulgadas: 2.25 kg

Longitud: 6 metros

$$\text{Peso por metro lineal} = 17 \text{ varillas} \times 2,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 6 \frac{\text{m}}{\text{varilla}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Peso por metro lineal} = 229.5 \text{ kg}$$

- **Recolección de los datos de especificación de características (diámetro y longitud) de las barras de acero requeridas de acuerdo con el cálculo de cantidades:**

Los despieces especificados en los planos eran muy detallados y completos, se podía observar la ubicación del acero en el elemento, la forma y el distanciamiento entre cada varilla. Extraer la información de los planos fue sencillo, sin embargo la cantidad de elementos en el proyecto era bastante numerosa y por tanto representaba un trabajo dispendioso de tiempo.

Se logró identificar que, aunque se realizaban bien los pedidos de acuerdo con determinado plano, al realizarse las modificaciones en planos ya el pedido se había solicitado y en consecuencia en el momento de armar los elementos se encontraban diferencias entre el material que se tenía en obra y los despieces de los planos a ejecutar. Como solución a ello se planteó traer material estándar, lo cual permitió que se pudieran suplir las diferencias y faltantes.

En la *Figura 7* se muestra una tabla digital con información detallada de los ganchos que debe llevar la “columna 03 vías 211-212” y en la *Figura 8* se puede observar el despiece de la misma, en particular una de las más pequeñas del proyecto, cada elemento del proyecto cuenta con esta información.

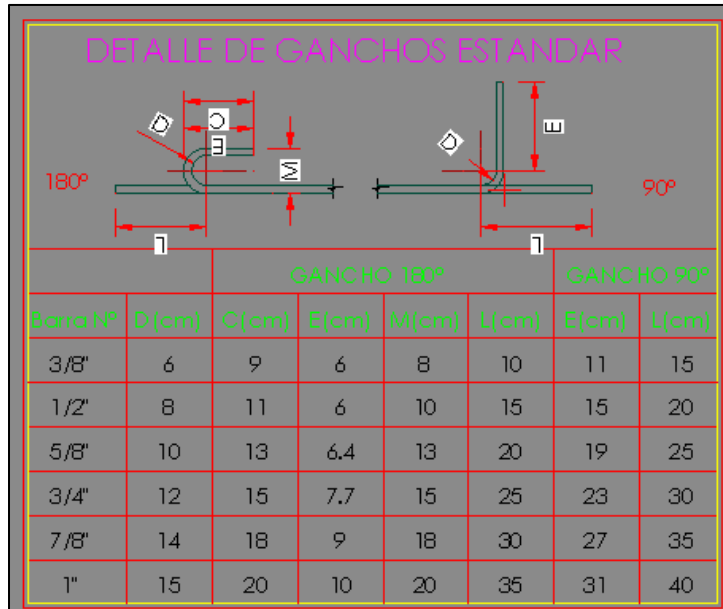


Figura 7. Detalle de los ganchos del despiece.

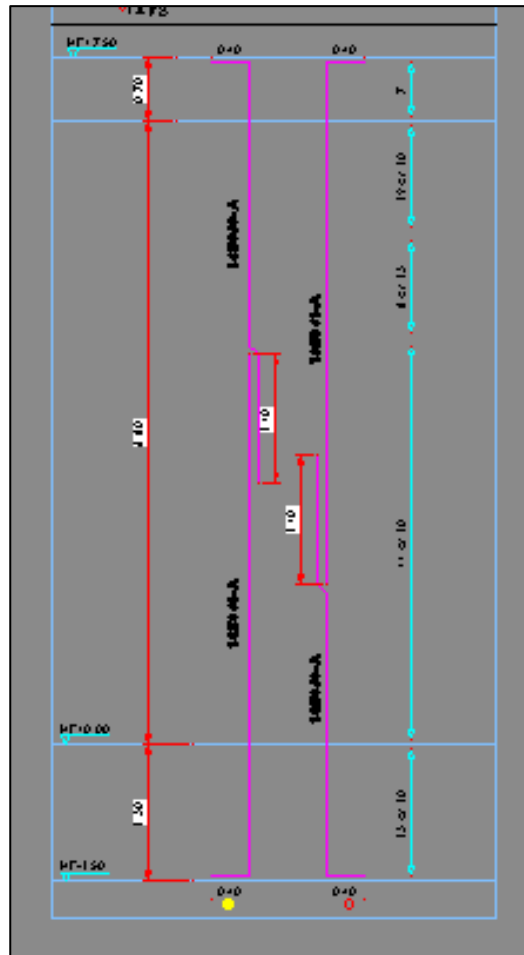


Figura 8. Despiece de una columna.

- **Verificación de los pedidos de acero que llegan al proyecto de acuerdo con la facturación y el registro de las características de las barras:**

En la verificación de los pedidos no se encontró ninguna inconsistencia, al proyecto siempre le llegó la cantidad de material pedido, con las especificaciones solicitadas y en las fechas estipuladas. Esta revisión se hizo para todos los pedidos solicitados.

El programa utilizado para realizar los pedidos se puede observar en la *Figura 9*, allí se ingresaba la información obtenida de los planos.

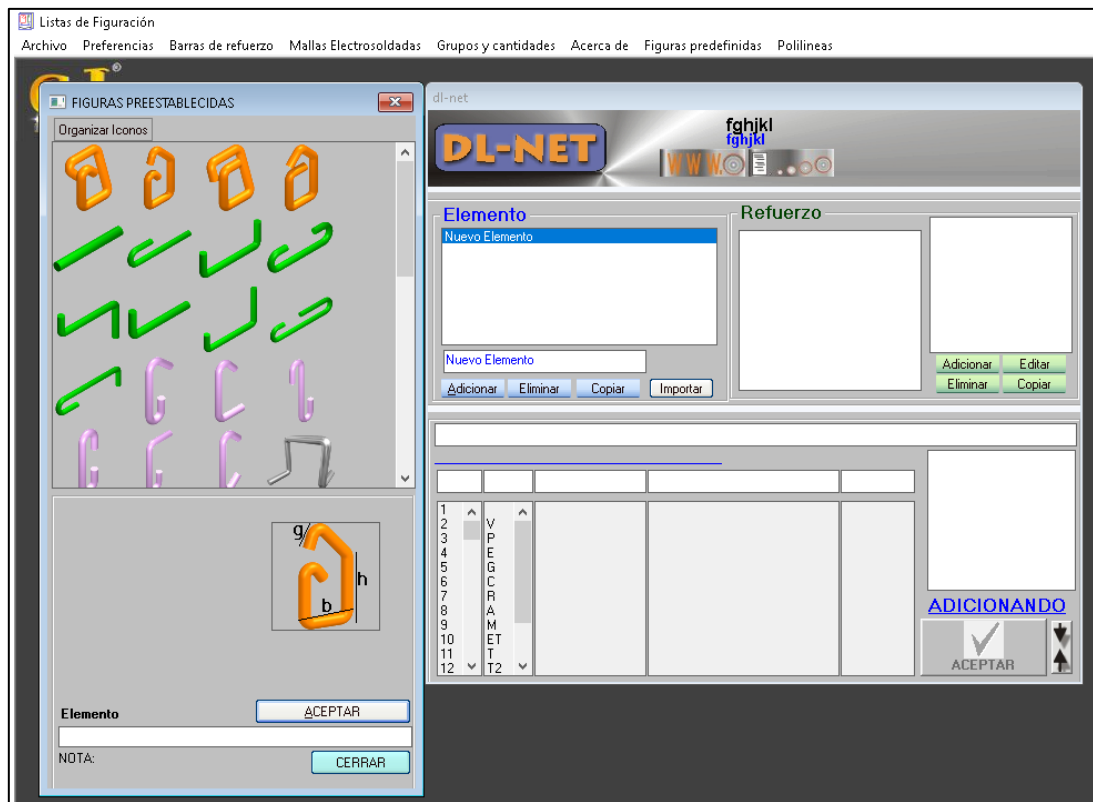




Figura 9. Programa para realizar pedidos.

Finalmente en la *Figura 10* se tiene un pedido terminado y listo para ser enviado, en el cual se especifica cantidad, figuración, diámetro y la totalidad de acero en kilogramos. Sobre este mismo formato se verificó que el envío correspondiera a las cantidades detalladas en el pedido.







**VIGAS AEREAS LINEAS 211 Y 212
VIAS 211 Y 212
ORDEN DE DESPACHO**

DIAGRAMA	CANTIDAD	PRODUCTO	LONG. (m)	PESO	UBICACION
0.35 	14	#7	5.90	252.76	[14 En VCUB 01 (02)]
0.35 	4	#7	3.30	40.39	[4 En VCUB 03]

Peso total barras #7 =7,861.14 Kg

Lista de barras #8

0.40 	25	#8	12.00	1,200.00	[25 En VCUB 02 (05)]
	40	#8	7.90	1,264.00	[40 En VCUB 02 (05)]
0.40 	25	#8	6.50	650.00	[25 En VCUB 02 (05)]
0.40 	80	#8	6.00	1,920.00	[80 En VCUB 02 (05)]

Peso total barras #8 =5,034.00 Kg

PESO TOTAL = 26,349.67 Kg

Figura 10. Formato de pedido de acero recibido (Orden de despacho).


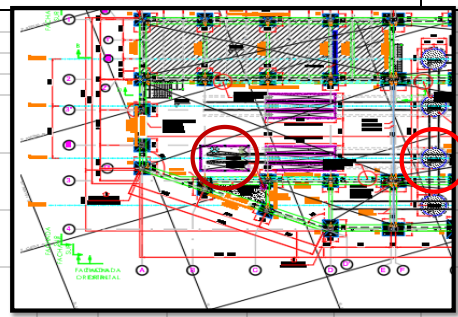
- **Contabilidad de acero faltante y uso de barras en elementos que no se tenía estipulado inicialmente:**

Figurar el acero en obra optimizó los rendimientos en el proyecto y por esta razón se creó un nuevo ítem de trabajo llamado corte y figuración de acero. En consecuencia, la empresa empezó a facturar la cantidad de acero necesario a figurar en la obra, esto tuvo un impacto positivo dado que se generaron más ingresos.

En vista de esta solución, se procedió a crear un formato que fuera útil para llevar a cabo el registro de dicha actividad. En la *Tabla 3* se observa un formato de corte y figuración de acero completamente diligenciado, de un día normal en el proyecto, en él se especifica la unidad, fecha, la localización del elemento (nombre y ubicación), la identificación de la varilla (diámetro y número), las medidas de la varilla (peso por metro lineal y longitud), así como la cantidad de varillas y el peso total.

En la tabla mencionada, el diámetro es presentado en pulgadas, el peso en kilogramos, la longitud en metros y el peso total en kilogramos.

Tabla 3. Formato de corte y figuración del acero.

MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA		Página 1 de 1							
PROYECTO:	TALLERES METRO								
DIRECCIÓN OBRA:	METRO DE MEDELLÍN								
OBJETO:	SUBCONTRATO DE OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVO TALLER, VÍA 211 Y 212 Y TALLER PERFILADORA EN TALLERES DEL METRO DE MEDELLÍN								
EMPRESA: CYC OBRAS CIVILES	CONTRATO DE OBRA CIRO-CO-01-013								
CAPITULO : CONTRACTUAL		DESCRIPCIÓN ÍTEM: CORTE Y FIGURACION DE ACERO							
ITEM N°.	UNIDAD	FECHA							
C-013-07	KG	jueves, 12 de marzo de 2020							
LOCALIZACIÓN		MEDIDAS							
DETALLE	UBICACIÓN	DIAMETRO BARRA	# DE BARRA						
		PESO x ML	LONGITUD						
			SUBTOTAL KG						
			CANTIDAD						
			TOTAL						
	LAVADO DE BOGIES	Parrilla inferior	5/8	5	1.5625	1.75	2.73	2	5.47
			5/8	5	1.5625	1.70	2.66	14	37.19
			5/8	5	1.5625	1.10	1.72	4	6.88
			5/8	5	1.5625	1.05	1.64	5	8.20
			5/8	5	1.5625	1.70	2.66	4	10.63
			5/8	5	1.5625	2.00	3.13	1	3.13
		Losa superior	5/8	5	1.5625	0.95	1.48	15	22.27
			5/8	5	1.5625	1.05	1.64	5	8.20
			5/8	5	1.5625	1.25	1.95	5	9.77
			5/8	5	1.5625	0.90	1.41	3	4.22
			5/8	5	1.5625	1.80	2.81	1	2.81
			5/8	5	1.5625	3.95	6.17	4	24.69
			5/8	5	1.5625	2.45	3.83	1	3.83
			1/2	4	1	3.65	3.65	14	51.10
		TORNAMESA VIA 311	1/2	4	1	3.45	3.45	5	17.25
1/2	4		1	3.15	3.15	5	15.75		
1/2	4		1	1.25	1.25	5	6.25		
1/2	4		1	2.40	2.40	93	223.20		
1/2	4		1	8.20	8.20	4	32.80		
1/2	4		1	1.60	1.60	88	140.80		
							SUBTOTAL	634.42	
OBSERVACIONES									
CONTROLADO POR	VB. RESIDENTE DE OBRA CYC OBRAS CIVILES	VB. CONSORCIO CIRO							

- Registro de la información en los formatos diseñados y adición de variables necesarias:**
 La información entregada por los fierros la presentaban de forma escrita en una libreta, con se muestra en la *Figura 11*, el primer número significa la cantidad de barras, el segundo el numero correspondiente al diámetro de la barra y el tercer número es la longitud de la barra expresada en cm, estos datos se registraban el su respectivo formato y se obtenía la cantidad de acero figurado en el día.

Plataformas		
6 # 5	830	
6 # 3	810	
71 # 3	723	
33 # 3	430	

Figura 11. Información entregada por el herrero.

- **Integración de los formatos dentro de la base de datos aplicación:**

La creación de los formatos facilitó en gran manera la forma en que debía entregarse el reporte mensual de acero, los datos eran mucho más precisos y se tenía la claridad suficiente de lo que se estaba cobrando en las actas del proyecto.

En la *figura 12* se puede visualizar la forma en que estaban organizados los formatos en el archivo de Excel en el que se configuró la base de datos integrada. Cabe aclarar que hay un archivo por cada día ejecutado en obra, estos reposan en el archivo de la empresa.



Figura 12. Integración de los tres formatos en un solo documento.

- **Documentación del proyecto y realización de recomendaciones para futuros proyectos.**

Con el desarrollo de este proyecto se lograron identificar las falencias existentes respecto a uno de los materiales más utilizados en obra, el acero. La creación de los formatos y respectivo seguimiento que se le dio al material logró optimizar tiempos, reducir pérdidas y por ende minimizar gastos, lo cual es una de las cosas más importantes en construcción debido a que siempre se trabaja para tener el mejor rendimiento en el menor tiempo posible y evitar sobrecostos a toda costa. Los documentos de la base de datos son propiedad del proyecto y quedaron consignados en la documentación de la empresa. La base de datos integrada quedó consignada en el archivo del reporte diario.

Es importante mencionar que la creación de esta herramienta de trabajo no solo es útil en la optimización de tiempos, material y costos asociados directamente con el manejo del acero en el proyecto “Ampliaciones Talleres metro de Medellín”, sino que serán de utilidad en futuros proyectos que ejecute la empresa Romín Omicron.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
INFORME TECNICO	6/03/2020 12:11 p....	Carpeta de archivos
REPORTE DIARIO	5/03/2020 5:33 p.m.	Carpeta de archivos
SEGUIMIENTO OFICIOS	11/03/2020 8:17 a....	Carpeta de archivos

Figura 13. Documentación de la empresa referente al proyecto.

Conclusiones

- La creación de cada uno de los formatos permitió darle un seguimiento detallado al acero en el proyecto, logrando de esta manera identificar falencias e inconvenientes repetitivos, a los cuales se dieron solución mediante un registro diario y oportuno de información. Todo este proceso fue muy bien acogido por la empresa y se decidió implementarlo en otros proyectos, vale la pena resaltar que en obra siempre se van a tener imprevistos, pero si una situación se vuelve repetitiva y tediosa, la mejor solución es realizar un seguimiento detallado para identificar los falencias en el rendimiento.
- Si bien en un proyecto se deben tener acopios de material, este ejercicio va más allá de un simple lugar donde depositarlo, se requiere de un buen análisis de planos del lugar y actividades a ejecutar. Esto, para lograr que el material se encuentre en las mejores condiciones y además se encuentre cerca de la zona en la cual va a ser utilizado, sin

obstaculizar otras actividades o quede como zona de riesgo para los trabajadores que constantemente circulan en la zona de acopio.

- Se pudo verificar el cumplimiento avance de obra estipulado en cronograma, logrado a partir de la realización de los pedidos periódicamente, el análisis de tiempos por ítem y priorización de actividades. Se evidenció que no se hace práctico disponer de toda la cantidad de acero en obra, protegerlo y mantenerlo ordenado se vuelve una tarea realmente complicada. Llevar un control diario de acero permitió el trazado de metas diarias de instalación y la realización de una programación de vaciados acorde con el avance planeado.
- Es muy importante la revisión de los planos antes de ejecutar cualquier actividad, para evitar dificultades como desarmado de elementos total o parcialmente terminados, además de sobre costos, reprocesos y por ende pérdida de tiempo del personal encargado de dicha actividad.
- Figurar el acero en obra representó una solución factible, debido a los constantes cambios de especificaciones en los planos, si bien es un proceso no muy utilizado en grandes proyectos, para este caso en particular fue la mejor alternativa.

BIBLIOGRAFÍA

- Metro de Medellín Ltda. (2020). Metro de Medellín calidad de vida. Obtenido de <https://www.metrodemedellin.gov.co/qui%C3%A9nessomos/historia>.
- Metro de Medellín Ltda. (2020). Detalles de procesos. Obtenido de: <https://www.metrodemedellin.gov.co/proveedores-y-contratistas/detalle-proceso?contrato=CN20180391>
- Mapio.net. (2019). Patios Metro de Medellín Mapio.net. Obtenido de: <https://mapio.net/pic/p-2350178/>
- Jiménez, J. D. (15 de mayo de 2019). Millonaria ampliación de los parqueaderos del metro: ¿qué harán?. El Colombiano. Obtenido de: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/ampliacion-de-los-patio-talleres-del-metro-de-medellin-HG10709907>

- Pérez, D. A. (12 de abril de 2019). Plan de expansión del metro de Medellín para 2030 comprende 16 líneas . El tiempo. Obtenido de: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/plan-de-expansion-del-metro-de-medellin-para-2030-comprende-16-lineas-348252>
- Jiménez, J. D. (02 de mayo de 2019). ¿En qué va el proyecto de revivir el ferrocarril de Antioquia?. El Colombiano. Obtenido de: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/ferrocarril-de-antioquia-en-que-va-el-proyecto-IF10629054>
- G&J. (s.f.). G&J Empresas de Acero. Obtenido de: <https://gyj.com.co/>