

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“IMPLEMENTACIÓN Y PREARMADO DE ACEROS DIMENSIONADOS APLICANDO TEKLA STRUCTURE PARA EL EDIFICIO SWITCH DE 20 PISOS Y 4 SOTANOS. SURQUILLO - LIMA 2021.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional  
de:

Ingeniero Civil

**Autor:**

Juan Carlos Gonzales Victorino

Asesor:

Dr. Ing. Omar Demetrio Tello Malpartida

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5043-6510>

Lima - Perú

## **DEDICATORIA**

A mi familia, que siempre me han apoyado con su paciencia, darme ánimo en momentos difíciles de este camino académico, a la universidad por darme la oportunidad de poder ser ingeniero y a mis docentes por haber compartido conmigo su sabiduría.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida para alcanzar mis objetivos trazados.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Descripción de la empresa.....	19
1.3. Antecedentes.....	42
1.4. Formulación del problema.....	49
1.5. Objetivos.....	49
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	51
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	124
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	128
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXOS.....	132
Anexo 01.....	132
Anexo 02.....	133
Anexo 03.....	134
Anexo 04.....	135
Anexo 05.....	136

Anexo 06. ....	137
Anexo 07. ....	138
Anexo 08. ....	139
Anexo 09. ....	140
Anexo 10. ....	141
ANEXO 11 .....	142
Elaboración del Manual del uso del tekla structure para el proceso del prearmado.	142
<i>DESARROLLO ORGANIZACIONAL</i> .....	143
ÍNDICE.....	144
Introducción .....	144

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los Ganchos.....	146
Tabla 2 Ganchos Personalizados .....	147
Tabla 3 Recubrimiento de Hormigón .....	148
Tabla 4 Longitud de Lado.....	149
Tabla 5 Grupo de Barras.....	150
Tabla 6 Propiedades para las Mallas de Armaduras Personalizadas .....	157
Tabla 7 Zapatas Continuas.....	158
Tabla 8 Zapata Continúa 2.0.....	159
Tabla 9 Cuadro de dialogo Armadura Zapata Sobre Pilote .....	161
Tabla 10 Cuadro de Dialogo Zapata Aislada.....	166
Tabla 11 Pestaña de los Cuadros de Dialogo.....	167
Tabla 12 Dialogo de Concepto de Armadura T Doble .....	172
Tabla 13 Cuadro de dialogo de Armadura T doble.....	172
Tabla 14 Cuadro de Dialogo Armadura Extremo Viga .....	175
Tabla 15 Cuadro de dialogo Armadura mensual .....	178
Tabla 16 Cuadro de Dialogo Barras Losa.....	182
Tabla 17 Propiedades de las Armaduras de las Losas .....	183
Tabla 18 Cuadro de Dialogo Malla Armadura en Área.....	184

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Trabajo Realizado con Tekla Structures. ....	17
Figura 2 Comparación de Metrados Tekla Structures vs Excel. ....	19
Figura 3 Empresa Aceros Arequipa. ....	20
Figura 4 Inauguración de la Primera Planta de Laminación. ....	23
Figura 5 Organigrama. ....	24
Figura 6 Fierro Corrugado. ....	25
Figura 7 Estribos Corrugados. ....	26
Figura 8 Conectores Mecánicos ....	27
Figura 9 Dovela de Transferencia y Canastillas. ....	27
Figura 10 Mallas Electrosoldadas. ....	28
Figura 11 Alambroón de Trefilería. ....	28
Figura 12 Vigas H. ....	29
Figura 13 Planchas de Acero. ....	30
Figura 14 Pernos para Soporte de Rocas. ....	30
Figura 15 Corte de Bobinas a Flejes. ....	32
Figura 16 Corte y Doblez de Planchas ....	33
Figura 17 Acanalado de Planchas. ....	34
Figura 18 Servicio de Pantógrafo cnc ....	35
Figura 19 Servicio de Oxicorte y Plasma. ....	36
Figura 20 Ranurado de Tubos. ....	37
Figura 21 BIM (Building Information Modeling). ....	39
Figura 22 Puente Escardo. ....	40
Figura 23 Sede Poligono de Tiro las Palmas. ....	40

Figura 24 Base Aero Naval. ....	41
Figura 25 Vía Ducto Armendáriz .....	41
Figura 26 Muestra de Diseño del Acero Dimensionado .....	51
Figura 27 Importancia del Acero en Obra.....	52
Figura 28 Producción de Acero Dimensionado.....	53
Figura 29 Recepción del Acero. ....	55
Figura 30 Estallamiento en Obra. ....	55
Figura 31 Consultas del Fierro. ....	56
Figura 32 Información en Papeles.....	56
Figura 33 Corte de Barras.....	57
Figura 34 Mesas con Tablones. ....	57
Figura 35 Herramienta de Cortes. ....	58
Figura 36 Corte de Barras.....	58
Figura 37 Proceso Doblado de Barras. ....	59
Figura 38 Herramientas de Doblado.....	59
Figura 39 Calidad de Doblado en Obras. ....	60
Figura 40 Enderezamiento de Acero en Obras.....	60
Figura 41 Resumen del Proceso Tradicional.....	61
Figura 42 Diseño de Planos al Detalle. ....	62
Figura 43 Elaboración de Planos en 3D. ....	63
Figura 44 Fabricación de Piezas.....	64
Figura 45 Doblado y Corte de Piezas.....	64
Figura 46 Piezas Empaquetadas. ....	65
Figura 47 Piezas Etiquetadas y Codificadas.....	65
Figura 48 Control de Calidad del Proceso.....	66

Figura 49 Entrega de Fierro en la Obra.....	67
Figura 50 Entrega del Fierro en Obras.....	67
Figura 51 Seguridad en Descarga.....	68
Figura 52 Ubicación y Seguimiento de Piezas.....	68
Figura 53 Uso de Andamios en la Obra.....	69
Figura 54 Ubicación de los Paquetes de Piezas.....	70
Figura 55 Ubicación de los Paquetes.....	70
Figura 56 Rápida Búsqueda con Planos y Documentos.....	71
Figura 57 Resumen del Proceso de Acero Dimensionado.....	71
Figura 58 Tradicional vs Dimensionado, Forma de Suministro.....	72
Figura 59 Tradicional vs Dimensionado, Diferencia Logística.....	73
Figura 60 Tradicional vs Dimensionado, Almacenamiento Ordenado.....	73
Figura 61 Tradicional vs Dimensional, Diferencia en Diseño.....	74
Figura 62 Tradicional vs Dimensional Precisión en Corte y Doblado.....	74
Figura 63 Tradicional vs Dimensional, Rendimiento Mediante el Uso de Planos.....	75
Figura 6 Tradicional vs Dimensional, Diferencia Administrativa.....	76
Figura 65 Tradicional vs Dimensional, Comparación de Costos.....	76
Figura 66 Muestra Fotomicrográfica del Hierro Puro.....	79
Figura 67 Cubica Centrada en el Cuerpo.....	80
Figura 68 Cubica Centrada en las Caras.....	81
Figura 69 Curva de Enfriamiento del Hierro Puro.....	83
Figura 70 Diagrama de Equilibrio Hierro Grafito.....	84
Figura 71 Microestructuras de Aceros Eutécticos.....	87
Figura 72 Aceros Hipoeutectoides.....	90
Figura 73 Aceros Hipereutectoides.....	91

Figura 74 Hysteresis .....	93
Figura 75 Tekla Structure.....	95
Figura 76 Tekla Structures Características.....	96
Figura 77 Fabricantes de Acero.....	98
Figura 78 Esquema de Organización con el Sistema Tekla .....	100
Figura 79 Diseño de Conexión de Acero Estructural.....	101
Figura 80 Estructura de Estacionamiento Parkhaus II Sengenthal (Alemania) .....	102
Figura 81 Varilla de Refuerzos en 3D.....	104
Figura 82 Fabricación de Varillas de Refuerzo.....	104
Figura 83 Ingeniería de Puente.....	106
Figura 84 Proyecto de Plataformas Marinas .....	107
Figura 85 Instituciones Educativas.....	108
Figura 86 Plano de Encofrados.....	111
Figura 87 Modelado Bim.....	112
Figura 88 Planta de Ubicación .....	113
Figura 89 Log de Consultas.....	114
Figura 90 Control de Ingeniería .....	114
Figura 91 Concreto de la Columna Prearmada con sus Atributos.....	115
Figura 92 Columna Prearmada de 2 Niveles modelado en Tekla Structure.....	116
Figura 93 Modelado de Rigidizadores .....	116
Figura 94 Despiece para Fabricación .....	117
Figura 95 ARMAPLUS.....	117
Figura 96 Cronograma de entregas.....	118
Figura 97 Cuadro de Columna y Niveles del Modelo.....	119

Figura 98 Lista de Despiece de Metrado de la columna C-05-G17 de 2 niveles. ....	120
Figura 101 Sótano.....	125
Figura 102 Tipos de Estribo .....	125
Figura 103 Distribución de Acero .....	126
Figura 104 Distribución y acotación .....	126
Figura 105 Detalles del Sótano.....	132
Figura 106 Elevación Columna C-12.....	133
Figura 107 Elevación Columna C-12, Metrado .....	134
Figura 108 Elevación Columna C-13.....	135
Figura 109 Elevación Columna C-07.....	136
Figura 110 Elevación Columna C-08.....	137
Figura 111 Elevación Columna C-01 .....	138
Figura 112 Elevación Columna C-01, Metrado .....	139
Figura 113 Elevación Placa PL- 07.....	140
Figura 114 Elevación Placa PL-07, Metrado .....	141
Figura 115 Selección de Armadura .....	146
Figura 116 Cuadro para los Ganchos .....	146
Figura 117 Componentes de Armaduras .....	149
Figura 118 Propiedades de Mallas .....	152
Figura 119 Identificadores para Modificar las Armaduras.....	154
Figura 120 Pestaña de Estribos.....	160
Figura 121 Zapata Sobre Pilote .....	161
Figura 122 Formas de la Zapata Aislada y de la Zapata Sobre Pilotes .....	162
Figura 123 Distribución de Acero para Zapatas Sobre Pilotes.....	163
Figura 124 Cercos para la Cimentación .....	164

Figura 125 Zapatas Aislada .....	165
Figura 126 Barras de Inicio .....	167
Figura 127 Estribo de las Barras de Inicio .....	168
Figura 128 Ubicación de las Barras de Inicio .....	169
Figura 129 Armadura para Vigas .....	169
Figura 130 Cuadro de dialogo de Armadura Vega .....	170
Figura 131 Propiedades de las Armaduras de Vega.....	171
Figura 132 Armadura T Doble .....	172
Figura 133 Propiedades de Armadura T Doble.....	173
Figura 134 Definición de Estribos y Ganchos de Estribos en T.....	174
Figura 135 Armadura para el Extremo de una Vega.....	175
Figura 136 Opciones para Crear Barras .....	176
Figura 137 Armadura Ménsula.....	177
Figura 138 Barras Adicionales en Mensuales .....	178
Figura 139 Armadura Pilar Rectangular.....	179
Figura 140 Pilares Cuadrados.....	180
Figura 141 Enlace de Pilar Intermedios .....	181
Figura 142 Armadura Agujero para Losas y Paredes.....	181
Figura 143 Barras de Losas Principales .....	182
Figura 144 Mallas de Armaduras .....	184
Figura 145 Generación de Mallas.....	185
Figura 146 Propiedades de Generación de Mallas .....	186
Figura 147 Cuadro de Dialogo Malla Armadura en Area .....	186
Figura 148 Propiedades de Anclaje de Elevación .....	187

## RESUMEN EJECUTIVO

- El presente trabajo tuvo como objetivo realizar el procedimiento de la implementación y prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch, este trabajo se desarrolló mediante las siguientes etapas, etapa 01 descripción del proyecto, etapa 02 implementación del prearmado, etapa 03 planificación de entregas, etapa 04 metrado y prearmado de columnas, etapa 05 rendimiento de ejecución y etapa 06 elaboración del Manual del uso del tekla structures para el proceso del prearmado. Los principales resultados son; Minimizar el tiempo de instalación de la partida de acero, Anticipar la interferencia o incongruencias presentadas en los planos, reducir costos para el cliente, evitar el exceso en merma al utilizar el producto prearmado y acedim, reducir operarios para el doblado y armado de los refuerzos, exportar un despiece del modelado para facilitar la fabricación. Se realizó el procedimiento de la implementación y prearmado de acero dimensionado aplicando el tekla, permitiendo mejorar la capacidad de visualización de la estructura en 3 dimensiones y brindar confianza al cliente para poder validar la fabricación de los prearmados, asimismo se logró disminuir el metrado de acero en la obra y reducir el tiempo en la habilitación y colocación de la partida de acero.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

A mediados de la década de 1960, las computadoras y el procesamiento automático de datos se establecieron en Finlandia. Las empresas que adoptaron la ingeniería avanzada de la computación, también adoptaron el procesamiento automático de datos (Automatic Data Progressing, ADP).

Debido al aumento constante de la cantidad de trabajo informatizado y a la falta de recursos, un grupo de oficinas dedicadas a la ingeniería estableció una empresa de diseño conjunto de software. La empresa, llamada Teknillinen laskenta Oy (tecnología informática) se registró en febrero de 1966. Esa primavera, el nombre comercial de la empresa se abrevio a Tekla. La primera oficina de Tekla estaba ubicada en Helsinki, Finlandia.

Las bases de las operaciones de Tekla fueron el asesoramiento en ADP, los servicios informáticos, los cursos de capacitación y el desarrollo de software. E1967, se formaron seis comités de planeación con un nuevo propósito:

Representar a las diferentes industrias de las empresas accionistas. El objetivo de los comités de planeamiento era definir las características de un software en común con la ayuda de los de Tekla.

De hecho, estos comités crearon el modelo que definiría la forma de trabajo futura de Tekla: comenzar proyectos para desarrollar nuevos programas junto con los clientes.

Timbre es una empresa internacional que trabaja en tecnología relacionada con el posicionamiento para distintas industrias y esta empresa ha sido quien ha regalado al mundo de

la construcción este novedoso sistema Tekla además del software bim para el modelo de información de construcción e ingeniería industrial.

El software Tekla aporta mayor eficiencia al flujo de trabajo de producción de acero. Se integra a la arquitectura, ingeniería estructural y con otras soluciones y sistemas de planeación de la producción, trabajando tanto para e detallado y producción de todo tipo de estructuras de acero. Tekla es infinitamente superior a Revit structure y te permite utilizar cualquier programa que te pinte para calcular, tiene total interacción.

Las soluciones de software de Tekla para ingeniería estructural y modelado de información de edificios, mejoran los flujos de trabajos de información de construcción y brindan una ventaja competitiva a sus usuarios. Las soluciones se utilizan para realizar proyectos en todo el mundo, desde viviendas y puentes hasta fábricas y rascacielos en la construcción y la ingeniería estructural y civil. El uso de información precisa y rica del modelo sirve a todo el flujo de trabajo de construcción.

### **1.1. Realidad problemática**

En los diseños de proyectos de ingeniería y en la construcción de estos mismos se generan muchos problemas que son originados por la falta de información detallada y poco confiable, evidenciados a la hora de entregar documentos de tipo técnico (planos, memorias de cálculo, etc.), dichos inconvenientes provienen de etapas previas a la construcción es decir desde el momento mismo de la concepción del proyecto o en las etapas de diseño, lo cual genera interrupciones en la ejecución del proyecto, ocasionando sobrecostos para la obra, y desencadenando problemas de calidad, lo cual conlleva que en su propia ejecución se proceda a solucionarlos, interrumpiendo los procesos constructivos de la obra.

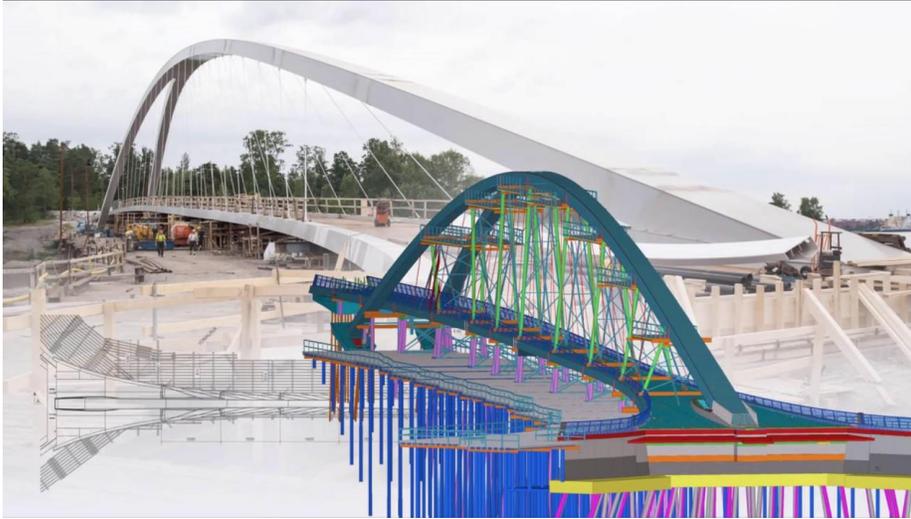
El trabajo de muchos de los ingenieros y arquitectos en las universidades, asociaciones, institutos, fundaciones y de las empresas privadas es buscar mejorar el ciclo de vida de la edificación, pero para ello se debe conocer el edificio, saber cuáles son sus ventajas y desventajas, para optimizar los recursos económicos, el tiempo, su personal, etc. Durante mucho tiempo en Perú se ha manejado toda la información técnica de un proyecto a través de planimetrías en 2D sin ningún tipo de metodología que se preocupe por la sostenibilidad y la integración de un proyecto. En la metodología BIM el ciclo de vida de un proyecto tiene una duración aproximada de 20 años por sostenibilidad y son todas aquellas etapas que permiten iniciar y terminar un proyecto de una forma ordenada, con base en la programación, el diseño conceptual, el diseño detallado, el análisis, la documentación, la fabricación, la construcción 4D/5D, la operación y el mantenimiento, finalmente la demolición o la renovación. Cuando se habla de BIM se habla de sostenibilidad que es la depuración de procesos y de integración a través del ciclo de vida. Diseño, dimensiones, construcción, operación y mantenimiento, finalmente deconstrucción son algunas de las fases en las que el proyecto se debe enfocar a través de la recopilación de información de metodologías como el PMI y con certificaciones ambientales como Leed.

Al igual que la música, la construcción requiere colaboración. Los músicos deben trabajar juntos de forma fluida y completar tareas exactamente en el mismo momento para crear una obra maestra. Con su gran cantidad de actualizaciones y nuevas características que fomentan la colaboración, el sistema Tekla structures es la clave para crear un flujo de trabajo estructural de BIM perfectamente en armonía. Tekla aumenta la productividad para que todo su equipo pueda trabajar en conjunto de una manera más eficaz. Las mejoras más recientes permiten mejorar aún más la colaboración, visualización y usabilidad. Con la creación de modelos más sencilla, el

proceso más rápido de producción de dibujos y la capacidad para compartir datos en tiempo real de forma segura, usted tiene la libertad de trabajar en conjunto con un proceso realmente construible.

### Figura 1

*Trabajo Realizado con Tekla Structures.*



*Fuente: tekla.com*

En la actualidad, hablar de la revisión del proyecto de manera integral ya no es sinónimo de inflexión. Tener en cuenta todas las fases de un proyecto, desde el diseño hasta su construcción y mantenimiento, no supone un trabajo complejo que atienda a fuga de errores o incongruencias.

Con el software adecuado, esta operación pasa a un plano sencillo y ameno, en el que se convierten las partes del proyecto en intuitivas y de fácil seguimiento. Así, cuando hablamos de diseño conceptual, ingeniería, detallado, fabricación, construcción y mantenimiento, lo hacemos de una manera elemental y clara.

Tekla Structures ofrece una revisión del proyecto impecable, ya que su diseño y metodología pasa por cada una de las fases con una disciplina precisa. Al poder modelar la información, el diseño no escapa a la realidad, dejando que las ideas sean fáciles de ejecutar.

La fase de ingeniería se realiza teniendo en cuenta los constantes cambios y evoluciones del proyecto. El detallado se convierte en un atributo, por tanto, en un sello de trabajo. Los órdenes de fabricación, con las técnicas adecuadas, no conocen error. Lo mismo sucede con el montaje o construcción, en los que el software convierte en tareas intuitivas tanto para los fabricantes, como para los montadores, para acabar con un mantenimiento de fácil localización, sustitución o reemplazo en caso necesario.

En conjunto, todas las fases de la revisión del proyecto serán realizadas otorgando al usuario calidad y prestigio.

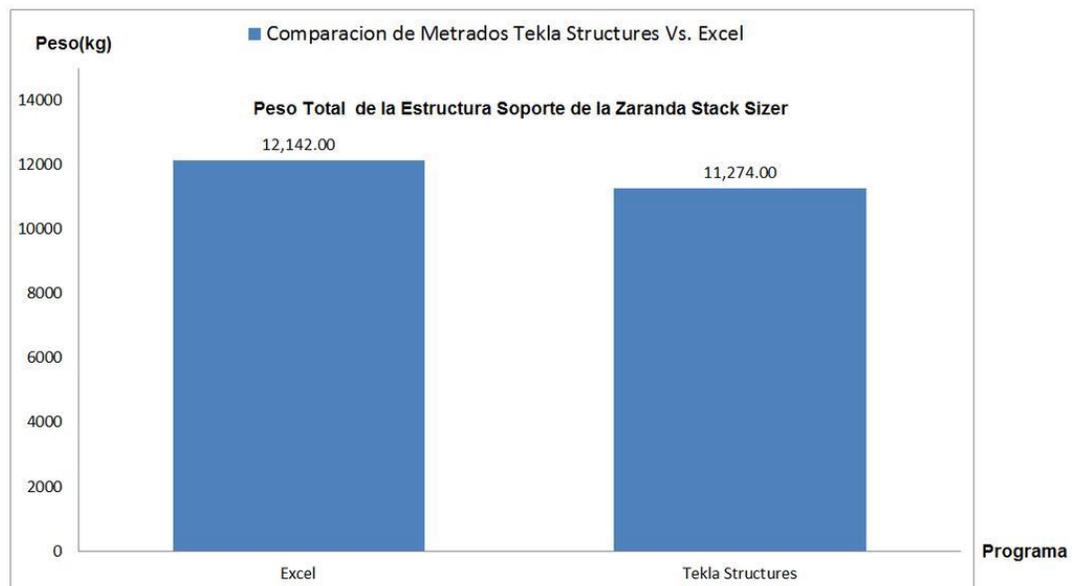
La revisión del proyecto, en cualquiera de las fases mencionadas anteriormente, puede ser tan clara de tramitar como la gestión del cambio de la información. Así pues, cualquier cambio o modificación no supone un desgaste de tiempo ni de dinero, ya que la automatización del software advierte de cualquier modificación, facilitando así la localización y actualización de la información en todas y cada una de las partes en donde aparezca el cambio, evitando totalmente la incoherencia y eliminando el error humano.

Destacar además de los puntos anteriores, la precisión y la rapidez. Éstos son conceptos antagónicos en muchos casos, pero Tekla Structures no sólo los compagina, sino que los convierte en una metodología de trabajo.

En resumen, la revisión del proyecto de forma integral para la consulta y el cambio, es un cometido de fácil trámite y ejecución. Son procesos con los que el software Tekla Structures queda avalado por proyectos singulares y complejos mundialmente conocidos.

**Figura 2**

*Comparación de Metrados Tekla Structures vs Excel.*



## 1.2. Descripción de la empresa.

Es una empresa siderúrgica peruana líder en la producción de acero, que ofrece productos y servicios de calidad internacional para la Construcción, Industria y Minería.

Es una empresa líder del mercado con más de 55 años de sólida experiencia ofreciendo productos y servicios de calidad internacional

Tiene una clara vocación de servicio al cliente, filosofía de calidad y la mejora continua de los procesos les permite satisfacer la exigente demanda del mercado nacional e internacional,

contando con un amplio portafolio de productos y servicios para atender los sectores de Construcción, Industria y Minería.

Su éxito está basado en una clara visión empresarial, capital humano, innovación tecnológica, calidad total, preocupación por el cuidado del medio ambiente y aporte a la comunidad.

### **Figura 3**

*Empresa Aceros Arequipa.*



*Fuente: Aceros Arequipa.com*

#### **Visión de la empresa:**

Ser líderes del mercado siderúrgico peruano, ubicados entre los más rentables de la región y con activa presencia en el mercado internacional.

#### **Misión de la empresa:**

Su misión es ofrecer soluciones de acero a nuestros clientes, a través de la innovación, la mejora continua y el desarrollo humano, contribuyendo al crecimiento del país e incrementando el valor para nuestros accionistas.

### **Valores de la empresa:**

La empresa motiva a tener pasión por el trabajo y a contribuir al desarrollo de la misma y de la sociedad con las labores que realizan día a día, se enfocan en lo relevante impulsando el negocio, priorizando las actividades que agreguen valor trabajando en equipo de manera integrada hacia un objetivo común.

### **Pilares estratégicos de la empresa:**

#### **- Personas**

Crean en sus colaboradores y participan en su desarrollo para lograr retos cada vez más exigentes.

#### **- Mercado**

Buscan liderar todos los mercados donde participan siendo la mejor solución para los clientes.

#### **- Eficiencia**

Invierten en tecnología de última generación y se enfocan en la creación de valor de sus procesos.

### **Historia de la empresa.**

Fue fundada en 1964 en la ciudad de Arequipa, Iniciando sus operaciones en el año 1966 con la puesta en funcionamiento de su primera planta de laminación de productos de acero, fabricando ángulos, platinas y perfiles para atender los mercados de Lima y Arequipa.

En el año 1983 inauguraron su segunda planta de laminación en Pisco, un hito fundamental en la historia de la empresa, la cual se sumó a la planta pionera que venía

funcionando en Arequipa desde el inicio de las operaciones de producción en 1966, incrementando significativamente los niveles de producción y de comercialización.

Para el año 1987 se fusionan con Laminadora del Pacifico S.A. iniciando así la fabricación de acero en forma de palanquilla, que, junto con la nueva planta de Pisco, fue fundamental para la descentralización de la producción y ampliación de su portafolio de productos: Barras de construcción y alambrón.

En 1996 fue el año que invierten en tecnología de vanguardia y ponen en funcionamiento una moderna planta de reducción directa en Pisco, con el propósito de fabricar hierro esponja para mejorar la calidad de sus productos aceros más finos e incrementar la capacidad de producción.

A fines de 1997 Aceros Arequipa adquirió el 100% de las acciones de Aceros Calibrados S.A. ampliando de esta manera su portafolio de productos con valor agregado. Es así como nace Corporación Aceros Arequipa S.A.

Acorde con la filosofía de invertir en tecnología de punta en todos sus productos, en el año 2013 culminan la construcción de su segundo Tren de Laminación en la sede de Pisco.

La filosofía de calidad total e innovación continua, así como el compromiso de sus colaboradores y directivos, son factores decisivos para el éxito de Corporación Aceros Arequipa, de esta manera se han consolidado como la empresa líder del mercado, cumpliendo con los más altos estándares de calidad internacional y generando valor agregado permanente para sus clientes.

En 2018 y con el fin de satisfacer las necesidades del mercado, implementan una moderna planta de tubos de alta velocidad. En ella, fabrican tubos de acero en diferentes secciones y formas cumpliendo

con los más altos estándares de calidad, tanto en la fabricación de sus productos como en su almacenaje, para ofrecer a sus clientes el mejor de los servicios, seguridad y prontitud de atención.

#### **Figura 4**

*Inauguración de la Primera Planta de Laminación.*



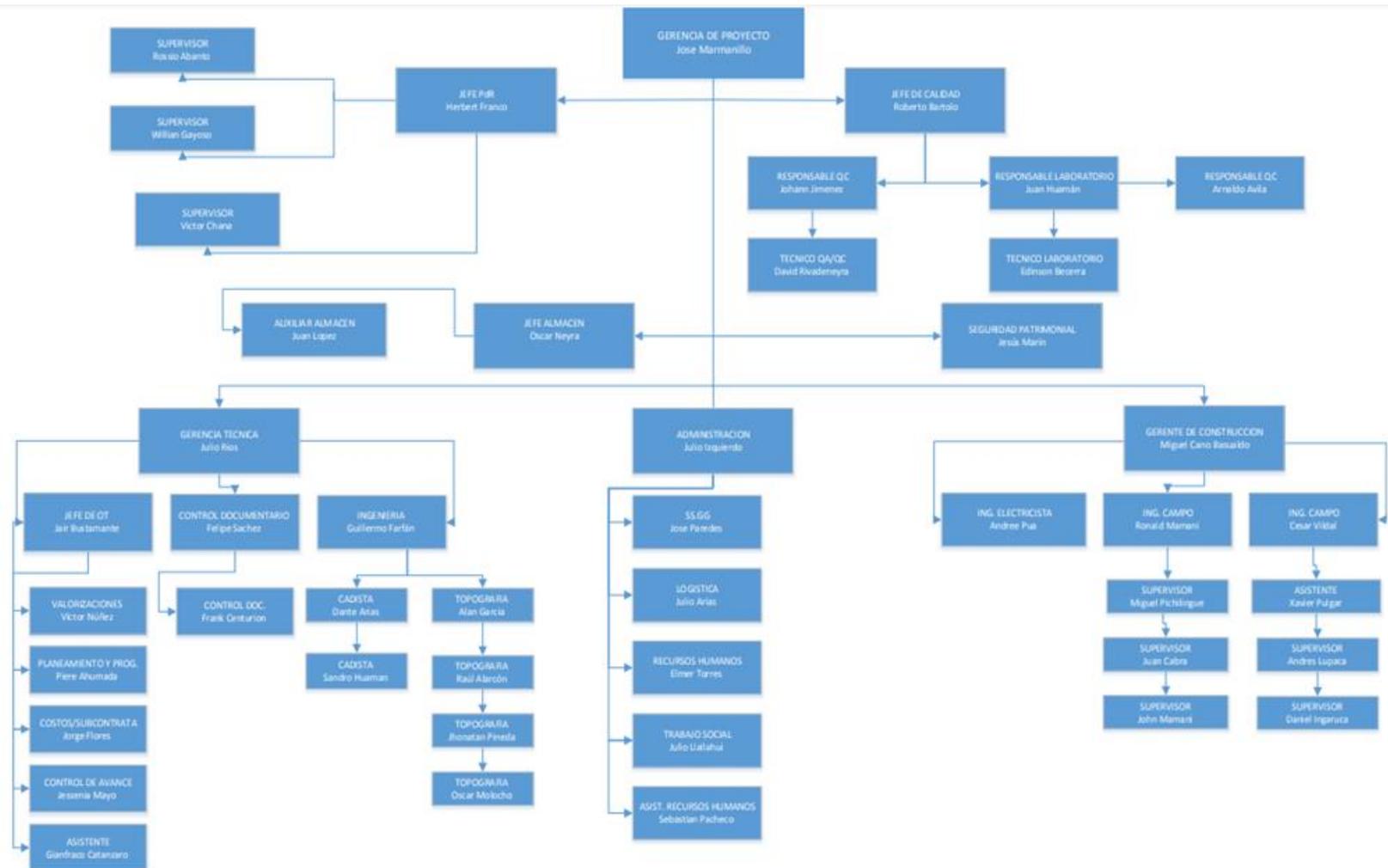
Fuente:

Aceros

Arequipa.

**Figura 5**

*Organigrama.*



## Categorías de producción.

A continuación, se muestran algunas de las diferentes categorías de productos que Corporación Aceros Arequipa produce y/o comercializa:

### Fierro de construcción

Barras de acero de sección redonda con la superficie estriada, o con resaltes, para facilitar su adherencia al concreto al utilizarse en la industria de la construcción. Se fabrican cumpliendo estrictamente las especificaciones que señalan el límite de fluencia, resistencia a la tracción y su alargamiento. Las especificaciones señalan también las dimensiones y tolerancias. Se les conoce como **barras para la construcción, barras corrugadas, fierros de construcción o fierro corrugado**. Las barras para construcción se identifican por su diámetro, que puede ser en pulgadas o milímetros. Las longitudes usuales son de 9 y 12 metros de largo.

#### Figura 6

*Fierro Corrugado.*



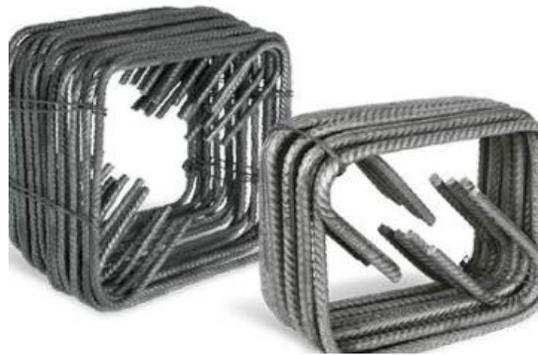
*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Estribos corrugados:**

Piezas de fierro corrugado en forma cuadrada o rectangular, elaboradas con equipos automatizados de última tecnología. Se fabrican con fierro de diámetros de 6mm, 8mm y 3/8". Actúan como refuerzo de confinamiento y de fuerza cortante en columnas y vigas de edificaciones de albañilería confinada y concreto armado.

#### **Figura 7**

*Estribos Corrugados.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Conectores mecánicos:**

Conectores mecánicos para barras de refuerzo de concreto. Pueden ser acoples, conectores de transición y anclajes.

## Figura 8

### *Conectores Mecánicos*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Dovela de transferencia y canastillas

La dovela de transferencia es un pasador transmisor de carga en juntas de pavimento rígido fabricado de barras lisas de acero. La canastilla con dovelas es conjunto ensamblado de dovelas montadas sobre una canastilla de acero soldada.

## Figura 9

### *Dovela de Transferencia y Canastillas.*



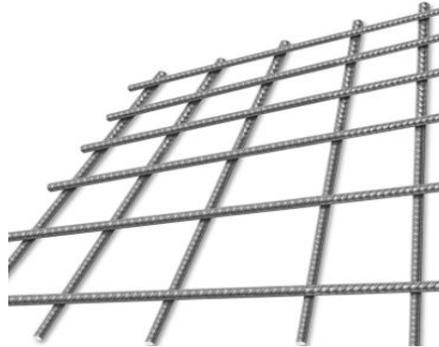
*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Mallas electrosoldadas:

Las mallas electrosoldadas están conformadas por varillas corrugadas, laminadas en frío, que se cruzan en forma perpendicular y están soldadas eléctricamente en todas sus intersecciones.

**Figura 10**

*Mallas Electrosoldadas.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

**Alambrón de trefilería:**

Alambrón liso laminado en caliente y presentación en rollos.

**Figura 11**

*Alambrón de Trefilería*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Vigas:**

Las Vigas H -Vigas de Acero son productos laminados en caliente con sección en forma de "H"

**Figura 12**

*Vigas H*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Corte de bobinas a flejes:**

### **Planchas de acero:**

Productos Planos obtenidos de un proceso de laminación en caliente (LAC) o laminación en frío (LAF) o con recubrimiento galvanizado (GALV). Se suministran de diversas calidades y en Bobinas o Planchas de Acero.

**Figura 13**

*Planchas de Acero.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

**Pernos para soporte de rocas:**

Pernos de anclaje aplicados para el soporte de rocas en el desarrollo de proyectos mineros y civiles, para el control de excavaciones permanentes y temporales, en labores subterráneas (labores mineras, túneles) y superficiales (estabilidad de taludes).

**Figura 14**

*Pernos para Soporte de Rocas.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

Corporación Aceros Arequipa están comprometidos en brindar a los clientes servicios de primera calidad para la solución de sus necesidades, transformando el acero en soluciones de negocios.

El centro de servicios Steel Center cuenta con una amplia gama de maquinarias y equipos que nos permiten ofrecer a los clientes una mayor eficiencia en sus procesos, reducir costos y optimizar los tiempos de entrega para sus proyectos.

### **Corte de bobinas a flejes:**

El proceso consiste en desenrollar la bobina por un extremo de la máquina, luego pasa por varias cuchillas circulares, pasando al mismo tiempo por el enrollador de flejes ubicado al otro extremo de la máquina. Se emplea una línea de corte longitudinal para convertir la bobina madre en bobinas pequeñas a un ancho y peso específico. Aquí se forman los flejes, que son rollos de acero más angostos que las bobinas, posteriormente los flejes son retirados, pesados y enviados hacia el centro de proceso correspondiente o hacia el almacén de despacho. Sirven de materia prima para las máquinas perfiladoras y tuberías.

### **Maquinaria empleada:**

Slitting Line - Cortadora de bobinas a flejes (espesores de 0.5mm hasta 2.5mm). Puede cortar Bobinas LAC, LAF y Galvanizadas.

## Figura 15

### *Corte de Bobinas a Flejes*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Corte y dobléz de planchas:**

Las planchas de acero son enviadas al proceso de corte en la Cizalla, con la finalidad de obtener platinas. Las planchas son colocadas en la mesa de corte de la Guillotina para luego ser cortadas de acuerdo con los anchos programados por medio de la cuchilla guillotina de la máquina Cizalladora.

Una vez cortadas las planchas metálicas, se realiza el plegado o dobléz, trabajando pieza por pieza, los mismos que son embalados y trasladados para despacho.

#### Maquinaria empleada:

Cizallas con rango de trabajo de 0.5 mm hasta 8.0 mm de espesor.

Plegadoras con rango de trabajo de 0.5 mm hasta 8.0 mm de espesor.

## Figura 16

### *Corte y Doblez de Planchas*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Acanalado de planchas:**

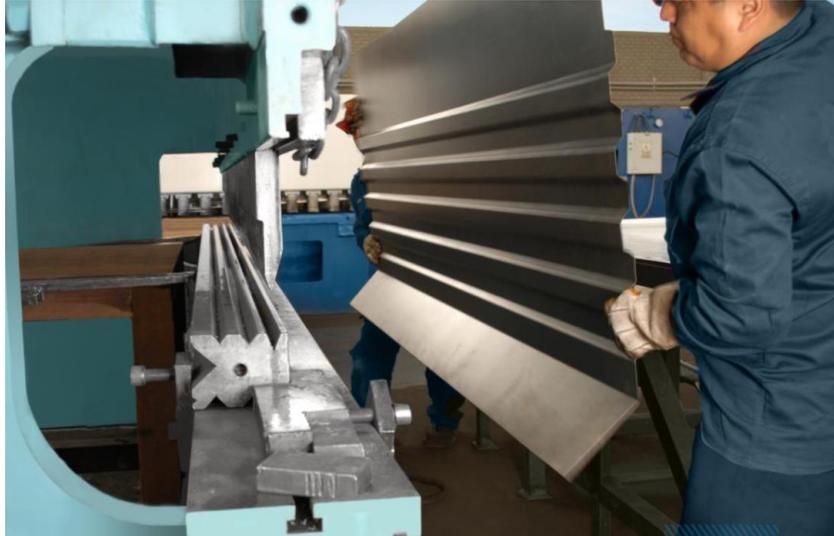
Aquí se forman los perfiles abiertos y otros productos especiales como el acanalado. Se trabaja pieza por pieza y en forma mecánica. El material de entrada a este proceso la constituyen las platinas y planchas, las mismas que luego de ser plegadas, son embaladas y trasladadas a despacho.

### **Maquinaria empleada:**

Plegadoras con rango de trabajo de 0.5 mm hasta 6.0 mm de espesor.

**Figura 17**

*Acanalado de Planchas*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

**Servicio de pantógrafo cnc:**

El servicio de Pantógrafo CNC consiste en realizar el corte de materiales en acero a grandes temperaturas, convirtiendo el gas en estado plasma.

Capacidad de Corte: Hasta 2" de espesor.

Perforación en planchas: Hasta 2" de espesor (Sistema True Hole).

## Figura 18

### *Servicio de Pantógrafo cnc*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Servicio de oxicorte y plasma:**

El proceso de oxicorte consiste en la operación de corte del acero por medio de un soplete alimentado y regulado por gases combustibles, donde el gas propano permite calentar un punto del acero a temperatura de corte en un rango de 1200 °C a 1300 °C y de un soplete que aporta el oxígeno necesario para la oxidación del acero.

Para el proceso de oxicorte en planchas se trabaja en los siguientes parámetros:

1. Corte por plasma hasta 2" de espesor
2. Corte por oxicorte hasta 4" de espesor

### **Figura 19**

*Servicio de Oxicorte y Plasma.*



*Fuente: Aceros Arequipa*

### **Ranurado de tubos:**

El servicio de ranurado de tuberías consiste en el arranque de viruta del tubo cuando es mecanizado y biselado; es decir, que parte del material inicial de la pieza es eliminado hasta dar la forma deseada al producto. En tuberías este procedimiento se realiza de forma tal que la ranura no supere el espesor del tubo.

Maquinaria empleada:

Máquina torno para tubos de diámetros de 2" a 12".

## Figura 20

*Ranurado de Tubos.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### Industrialización de la partida estructural

**ACEDIM®** brinda soluciones constructivas de Acero Dimensionado que permiten incrementar la productividad, optimizar recursos y mejorar la calidad de tu proyecto para el desarrollo de la partida estructural.

Los clientes de **ACEDIM®** cuentan con el soporte de TSC INNOVATION, Empresa subsidiaria de Aceros Arequipa, ® quien emplea tecnología BIM (Prototipos digitales de concreto, acero de refuerzo e insertos) como herramienta para el desarrollo y gestión de los procesos de ingeniería, fabricación digital y montaje de armaduras. De esta forma, Aceros Arequipa brinda a sus clientes soluciones integrales y la tecnología más avanzada del mundo en lo referente a estructuras de concreto armado. Además, podrán gestionar la ejecución completa del casco estructural teniendo información confiable para la aplicación de herramientas Lean como Last Planner System.

Esta innovadora implementación logra una real transformación digital de la partida estructural.

## **PROCESO DE ATENCIÓN DE ACEDIM**

**ACEDIM Solución Integral ®:** es la solución integral de acero dimensionado que diseña, produce, entrega e instala el fierro de construcción para lograr una mayor rapidez y productividad en la partida del acero y en todo el proyecto.

Ofrecen el Servicio de Modelamiento Virtual BIM para las estructuras de concreto armado y el acero de refuerzo y los nuevos servicios de PREARMADO E INSTALADO a través de estructuras pre armadas y un equipo técnico especializado encargado de la instalación del acero en obra.

### **BIM (Building Information Modeling)**

El servicio BIM consiste en la generación de prototipos digitales de concreto, acero de refuerzo e insertos empleando la metodología Virtual Design Construction (VDC) para optimizar la gestión de las estructuras de concreto armado.

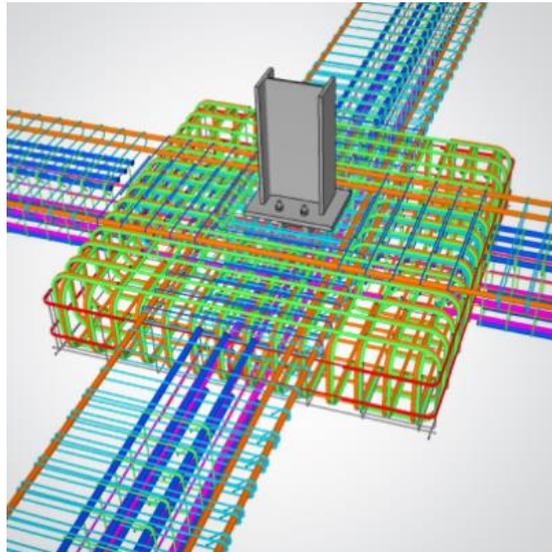
El modelo BIM como detalle del producto a ejecutar contiene la información para la fabricación digital y gestión de su producción, con esta información nuestros clientes llegan a desarrollar proyectos con el grado más elevado de uso de BIM para producción. ·

- Desarrollo de modelo estructural (Concreto, Acero de refuerzo e Insertos) para validar constructibilidad, fabricación digital, montaje en obra y uso de cliente en software de gestión como Navisworks, Tekla BIMSight o Trimble Connect.
- Determinación de la cantidad exacta de material y detección de posibles desviaciones en las cuantías.

- Integración del 2D y 3D. Esta metodología integra las 2 y 3 dimensiones interconectadas entre sí, mejorando la visión del proyecto global.
- Generar de forma automática toda la documentación del proyecto: presupuestos, planificación estructuras, etc. consiguiendo un aumento de la productividad y, por tanto, un ahorro de tiempo y costes.
- Información en tiempo real para control de avance.

### Figura 21

*BIM (Building Information Modeling)*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

A continuación, se mostrarán algunos **proyectos realizados** por la empresa Aceros Arequipa:

**Figura 22**

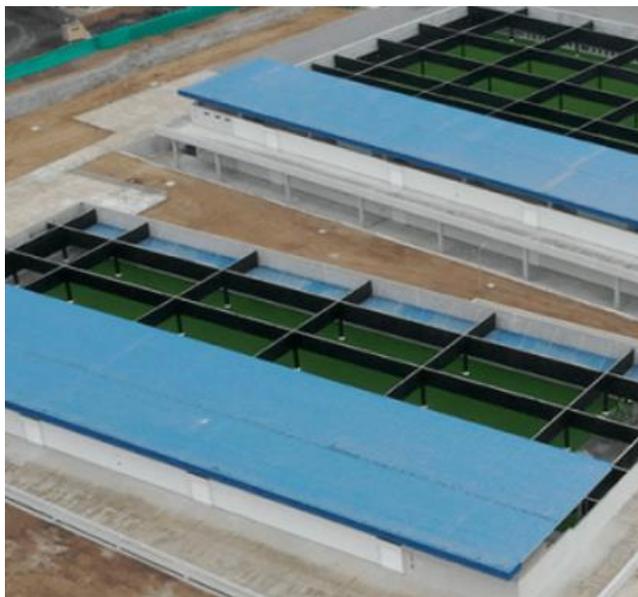
*Puente Escardo.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

**Figura 23**

*Sede Poligono de Tiro las Palmas*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Figura 24**

*Base Aero Naval.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Figura 25**

*Vía Ducto Armendáriz.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### 1.3. Antecedentes

#### Nacionales

Bances y Falla, (2015). Y su tesis para optar al título de ingeniero civil **“La tecnología BIM para el mejoramiento de la eficiencia del proyecto de edificación multifamiliar los claveles en Trujillo – Perú”**. De la Universidad Privada Antenor Orrego. Tiene como objetivo principal el de detectar la eficiencia que logra generar el correcto uso de la tecnología BIM obteniendo resultados tales como el de demostrar que a través de la tecnología BIM se logró generar un aumento mínimo del 6% de la eficiencia en la mano de obra del proyecto en diferentes especialidades de estructuras y acabados, también se demostró las ventajas de usar el software BIM a diferencia del CAD, la tecnología BIM es puntual en la programación y planificación de un proyecto en la mejora de su productividad.

Farfán & Chavil, (2016) dicen que las empresas lo que hacen en realidad es subcontratar el modelado del proyecto para temas de marketing, siendo empleado solo como un modelo 3D, mas no como una herramienta tecnológica con el potencial de solucionar muchas de las problemáticas que afronta la industria de la construcción. En el Perú ya se han hecho intentos de implementación BIM en casi todo tipo de proyectos comenzando por las de edificaciones, carreteras, centrales hidroeléctricas y plantas industriales lo que es un punto fuerte como fomento de esta metodología, aunque también como un punto débil debido a las malas experiencias por intentos fallidos que traen como consecuencia un mayor y más extensivo rechazo al cambio.

Apaza (2015), desarrolló la investigación denominada **“Aplicación de la metodología BIM para mejorar la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna”**, cuyo objetivo principal fue “enseñar a mejorar la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna mediante el uso de las

metodologías BIM”. En la cual logró demostrar que la hipótesis principal de utilizar metodologías BIM, mejorará la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna, debido a que se cumple lo siguiente: - Se obtuvieron metrados más confiables mediante las metodologías BIM. - Se detectaron en total 211 interferencias e incompatibilidades mediante las metodologías BIM. - Se optimizó el tiempo tanto en campo como en oficina mediante metodologías BIM (p.16)

Mendoza Ñahui (2016) tesis **“Elaboración de planos del soporte de la zaranda Stack Sizer empleando el Tekla Structures en CMR SAC.”** Para la Universidad Nacional del Centro del Perú, título de ingeniero mecánico, objetivo, Describir las características de la Elaboración de planos del soporte de la zaranda Stack Sizer empleando el Tekla Structures en CMR SAC.

Conclusión: En el metrado del peso, específicamente en la estructura soporte de Zaranda Stack Sizer el peso total (kg), es más preciso utilizando el software Tekla Structures en 7.7% comparando con el otro software AutoCAD y Excel, lo cual hace que disminuya el peso (kg) al momento de evaluar el proyecto, debido a la precisión, el Tekla structures da como resultado el peso neto.

En el metrado del área, específicamente en la estructura soporte de Zaranda Stack Sizer el área total (m<sup>2</sup>), es más preciso utilizando el software Tekla Structures en 3% comparando con el otro software AutoCAD y Excel, lo cual hace que disminuya el área (m<sup>2</sup>) al momento de evaluar el proyecto, haciendo más precisos otros costos como pintado. ajustando mejor los presupuestos.

Se concluye que mediante el Software Tekla Structures se obtuvo el modelamiento del soporte de Zaranda Stack Sizer y los reportes de metrados ya que nos asegura con exactitud las mediciones.

Se concluye también que mediante el uso del software Tekla Structures se puede determinar mayor nivel de análisis y corrección de errores por la visualización en 3D, da una mejor visión de los proyectos en los sectores de construcción metalmecánicas. Es decir que el dibujo se realiza directamente en 3D, lo que es mucho más eficiente en la utilización de recursos que haciéndolo en 2D.

Se concluye que los reportes e informes se exportan en formato txt. o Excel, los planos del dibujo se exportan e importan en dxf., se exportan ficheros de CN (control numérico) para el funcionamiento de máquinas para el proceso de fabricación y para el intercambio entre otros softwares diferentes tipo BIM hay un fichero IFC (Industry foundation Clases), semejante al tradicionalmente dxf.

## **Internacionales**

Baptista de Almeida, (2015) en la tesis **“Tecnología BIM aplicada al Diseño de Estructuras Metálicas”** para el Instituto Superior de Ingeniería del puerto por el título de disertación presentada para obtener la Maestría en Ingeniería Mecánica - Rama de Construcciones Mecánicas cuyo objetivo es explorar la interfaz entre herramientas de diseño paramétrico ( BIM), especialmente dedicada al diseño de estructuras metálicas, con herramientas de análisis estructural basadas en el método de elementos finitos, concluyó que la investigación realizada en esta tesis ha permitido darse cuenta de la gran importancia que tiene la implementación de BIM a nivel mundial. En varios países ya se habla de BIM y en muchos otros ya se está trabajando con él. De hecho, la metodología muestra un gran interés en términos de interoperabilidad, colaboración y cooperación entre los diferentes actores del proyecto. Si bien existen algunas iniciativas internacionales para crear requisitos para la aplicación de BIM en proyectos, la definición de reglas de modelado asociadas aún no está desarrollada de manera satisfactoria. En general, se

concluye que un factor determinante para el éxito La implementación de BIM en Portugal será el centrarse en acciones formativas y guías de actuación, con miras al aumento progresivo de los niveles de conocimiento y madurez de los socios y usuarios. Por ello, se cree que es verdaderamente importante desarrollar un trabajo de divulgación y formación, basado en aspectos de la calidad del producto final que la metodología BIM promete poder ofrecer. El propósito de esta disertación no es comparar estos programas y hacerlos competir, sino más bien ilustrar el comercio práctico y la complejidad en el estado actual del desarrollo de software en el área de importación y exportación de objetos.

Una investigación realizada en Santiago de Chile por Tabilo (2019), compone a un estudio de la metodología BIM en la gestión de construcción y aplicación demostrativa, donde el objetivo de estudio fue **“Desarrollar y aplicar la metodología BIM en la gestión de construcción de un edificio residencial en altura”**. Donde, se propuso la metodología para aplicar a una empresa constructora dedicada al rubro de edificación de edificios residenciales, a partir de un diseño ya definido para promover la aplicación de la metodología BIM en la gestión de la construcción observando sus beneficios. Por lo que, concluye que Revit es un software nuevo muy utilizado, que se ha impuesto positivamente en el mercado por el respaldo de Autodesk y se destaca principalmente por dos peculiaridades: - Tiene una estructura muy potente interna de información, que obliga a estructurar el proyecto, por lo tanto, la información es fácil de clasificar y categorizar. 10 - Tiene un “API”, Application Programming Interfaces (Interfaces de programación de aplicaciones) que permite escribir un programa dentro y permite que Revit haga funciones que no hace de forma nativa (p.84)

Del mismo modo, Vera (2018) desarrolló una investigación denominada **“Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un**

**complejo industrial**". Modelo BIM 5D Costes, con el objeto de aplicar la tecnología BIM para la construcción de una obra lineal, modelando un corredor de transporte que da acceso a una zona industrial, en un tramo donde transcurren de forma paralela una carretera y una vía ferroviaria. Llegando a la conclusión, que dicha metodología abarca cambio de archivos, interoperabilidad, inclusión de planificación y presupuestos; lo cual, no es adecuada para la ejecución de obras civiles, como es el caso de las infraestructuras lineales principalmente. Sin embargo, en el grado de interoperabilidad entre softwares de diseño, planificación y/o costos no existen referencias a nivel de documentos, lo que da muestra del nivel de desarrollo (p.11).

Asimismo, Nieto (2016), realizó una investigación denominada **"Manejo del software Revit y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua"**, con el objeto de estudio propiamente de estudiar la propuesta de la metodología BIM (Software REVIT); conociendo e investigando el manejo del software, identificando ventajas de modelar estructuras y definiendo su alcance.<sup>12</sup> Donde, concluye que "al diseñar y construir un proyecto virtualmente con la herramienta REVIT, se puede realizar correcciones de todo tipo de disyunciones, que suelen presentarse entre el diseño arquitectónico y la ingeniería estructural, en hidrosanitaria, eléctrica, electrónica y mecánica; lo que obliga al constructor a cambiar el diseño original e incluso incita a variaciones significativas en el presupuesto" (p.5).

Diazgranados (2018), en la tesis que denomino **"Cambiando el chip en la construcción, dejando la metodología tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodología BIM"** para la Universidad Católica de Colombia por el título de ingeniero civil y con el objetivo de Comparar las mejoras en la implementación de una metodología BIM vs un sistema tradicional CAD en el diseño de proyectos industriales, concluye que la metodología BIM

podemos decir que ésta es más eficiente que la metodología tradicional CAD según los resultados obtenidos debido a que:

- Los tiempos y recursos empleados en el diseño de las estructuras son mucho menores, generando un ahorro en tiempo y costos para la empresa.
- La metodología y el software BIM permite anticiparse a todos los conflictos que se pudieran tener entre disciplinas en el modelo virtual y así poder solucionar algunos problemas que se puedan presentar en la fase de construcción.
- La información siempre estará actualizada debido a que es un único modelo al cual se va alimentando constantemente, así mismo esta información está al alcance de todos facilitando el trabajo en equipo.
- Por tratarse de un modelo 3D, los involucrados en el diseño y las personas que no lo están, tienen un entendimiento mucho más claro, esto facilita la relación y comunicación con los clientes. Siguiendo con la metodología BIM también se puede decir que para esta implementación hace falta más que un software o personas que operen un software 3D, se necesitan:
- Horas de entrenamiento o capacitación del personal, se deben prever los costos para comprar las licencias y el pago de los honorarios de un profesional especializado, cabe mencionar que para el software Tekla Structure y es poco comercial esto quiere decir que no se encuentran con facilidad y los instructores muchas veces son extranjeros.
- Concientizar a las personas, cambiarles la forma de pensar y hacerles ver que es una metodología muy diferente a la que la industria de la ingeniería está acostumbrada en Colombia.

Campusano (2019) tesis **“Estudio de la metodología BIM en la gestión de construcción y aplicación demostrativa”** para optar por el título de ingeniero civil para la Universidad de Chile que tiene como objetivo general el estudio de herramientas de la metodología BIM y su utilización en la gestión de una obra de construcción concluye que la modelación BIM debe representar los elementos para fines de coordinación y además debe permitir extraer información de cubicación útil para realizar presupuestos; por lo tanto, es fundamental establecer los requerimientos de modelado con anterioridad, para así asegurar que se podrán obtener todos los beneficios de la aplicación de esta metodología. Algunos de estos requerimientos son los siguientes:

- a. Cada elemento debe ser clasificado en la categoría que le corresponde.
- b. Los elementos deben corresponder a un piso y a una torre.
- c. Los elementos no deben modelarse in situ, pues elimina parámetros.

Son muchos más los requerimientos, por lo que en este punto es necesario contar con la asesoría de un arquitecto especialista en BIM, que ayude a definir los requerimientos que se solicitarán en la modelación.

BIM no resuelve completamente los problemas que aparecen en una extracción de mediciones (cubicaciones) y no todas las mediciones que se necesitan en un proyecto pueden ser extraídas de un BIM. Por lo tanto, se requiere un profesional que evalúe la validez de los datos y materiales de origen, asegurando una cobertura completa de la extracción, proponiendo soluciones alternativas y analizando los resultados. Finalmente, será este profesional el que gestionará la información y será el que lo organizará. Modelar los proyectos con todo el nivel de detalle que tiene no siempre es posible o el tiempo y el costo del modelado se encarecerá, no es necesario

modelar todo, pero se debe considerar que una vez recibido el modelo se debe invertir tiempo y dedicación en revisar el modelo y extraer la información.

Es recomendable que el profesional a cargo de BIM en obra reciba capacitaciones de creación de modelos, con el fin de aprovechar aún más la herramienta

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cómo es el procedimiento para la implementación y prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las ventajas del prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021?
- ¿Es necesario elaborar el manual de la implementación y prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021?
- ¿Cómo se determina el metrado del prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Realizar el procedimiento de la implementación y prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las ventajas del prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021.
- Realizar el metrado del prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021.
- Elaborar un manual de la implementación y prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### Acero dimensionado

Son Barras de Construcción, previamente preparadas, de acuerdo a los requerimientos del cliente en lo referente a los distintos largos indicados en los planos.

El acero dimensionado es una solución integral para el suministro de acero que introduce la ingeniería de detalle en el desarrollo de un proyecto de construcción. Pero ¿cómo es que introduce la ingeniería? A partir de la asesoría en constructibilidad, el diseño de piezas y la coordinación del cronograma de entrega del acero.

Conocida como “acero corrugado” se utiliza con bastante frecuencia como un material de refuerzo en las construcciones de hormigón o concreto. ... Esta varilla es uno de los materiales de construcción más versátiles y flexibles en el mercado, puesto que es usada para crear diversas obras.

El acero dimensionado es aplicable a todo tipo de obras y elementos estructurales permitiendo el uso eficiente y ordenado de las barras de acero para la construcción.

### Figura 26

*Muestra de Diseño del Acero Dimensionado*



*Fuente: Tekla.com.*

## Importancia del acero dimensionado en la industrialización de obra

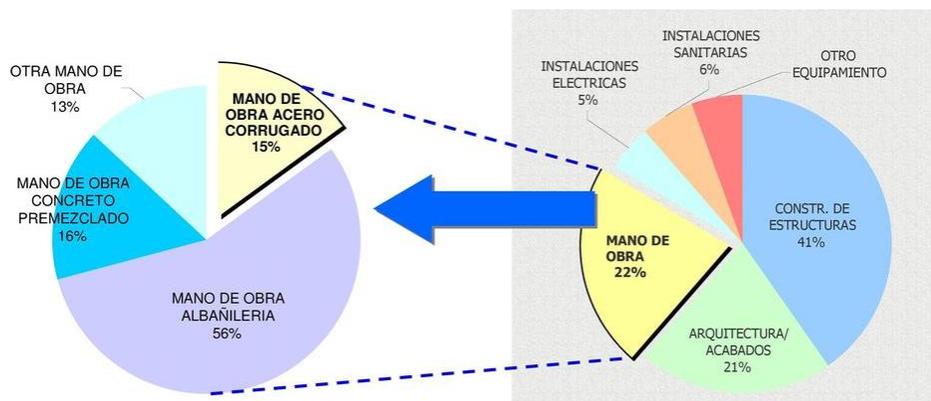
El diseño de las piezas de acero dimensionado se coordina a partir de los planos estructurales proporcionados por los ingenieros de obra. De esa forma se busca que las piezas sean compatibles, o de lo contrario, se hacen los cambios que sean necesarios.

Quienes proveen el acero dimensionado a las obras, además estudian los planos, de tal manera que puedan brindar soluciones que contribuyan a que el proceso constructivo genere mayor rentabilidad y represente ahorro de tiempo.

Los planos de detalle, con los que cuenta los ingenieros de obras, les permiten preestablecer el proceso constructivo; de esa manera no hay pérdidas a causa de falta de planificación. Las piezas de acero, por otro lado, se entregan según un cronograma de abastecimiento, proporcionado previamente por el proveedor, de tal manera que el material entregado concuerde con el avance de la obra.

**Figura 27**

### Importancia del Acero en Obra



Fuente: Aceros Arequipa.

¿Cómo se producen las piezas de acero dimensionado?

El proceso de entrega de las piezas de acero dimensionado comprende tres partes; primero, la ingeniería del proceso constructivo; segundo, la fabricación de las piezas de alta calidad; y, tercero, la entrega ordenada en la obra.

Respecto al segundo punto, la fabricación, esta se realiza en el taller o centro de operaciones del proveedor. En este espacio las piezas son cortadas y dobladas con el uso de máquinas de última tecnología que destacan por su precisión. Tras su fabricación, cada empaque es identificado con una etiqueta para facilitar su control y colocación.

**Figura 28**

*Producción de Acero Dimensionado*



*Fuente: Construyendoseguro.com*

## USO DEL ACERO EN OBRA

### OBRAS TRADICIONALES

Control limitado sobre la cantidad total de acero consumido:

- Compra basada en metrados a partir de los planos del proyecto y en porcentajes de merma que en la mayoría de las veces no son reales debido a:
  - ✓ Diferencias entre peso métrico REAL vs TEÓRICO.
  - ✓ Detallado vs. Metrado.

- No necesariamente se lleva un cercano control del stock durante la ejecución de la

obra

## **PROCESO TRADICIONAL**

### **Recepción del acero**

- La obra designa más de 4 personas para la labor de conteo y descarga.
- La seguridad en la operación no siempre se tiene en cuenta.
- Las varillas se trasladan en volúmenes pequeños en hombro.
- El movimiento del material requiere de personal y tiempo considerables.
- La exposición directa del fierro corrugado la intemperie causa oxidación y luego de

un tiempo de corrosión.

- El contacto directo con el suelo genera acumulación de humedad que causa

oxidación y posterior corrosión.

- El desorden e incorrecto almacenamiento pueden ocasionar descontrol sobre el

acero utilizado y restante en stock.

**Figura 29**

*Recepción del Acero.*



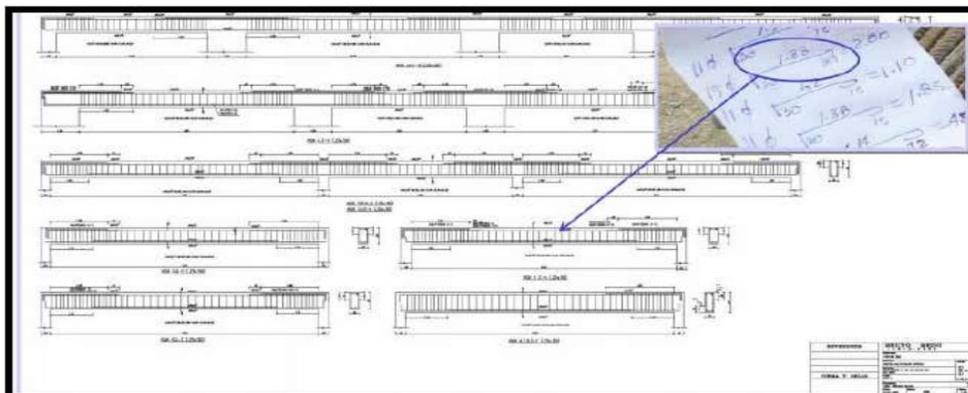
*Fuente: Aceros Arequipa.*

**“DETALLAMIENTO” EN OBRA**

- A partir de los planos de estructuras el maestro fierro desarrolla su despiece manualmente

**Figura 30**

*Estallamiento en Obra.*



*Fuente: Aceros Arequipa*

- Las consultas del Fierro son absueltas buscando al Ingeniero Residente.

**Figura 31**

*Consultas del Fierrero.*

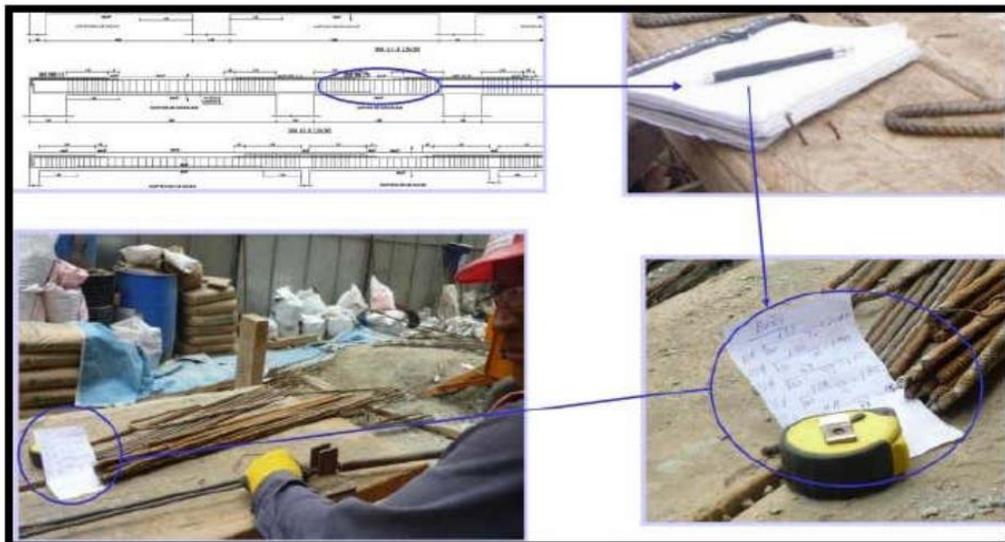


*Fuente: Aceros Arequipa*

La información fluye en papeles y no se lleva un registro detallado de los despieces

**Figura 32**

*Información en Papeles.*



*Fuente: Aceros Arequipa*

## Corte de barras

**Figura 33**

*Corte de Barras.*



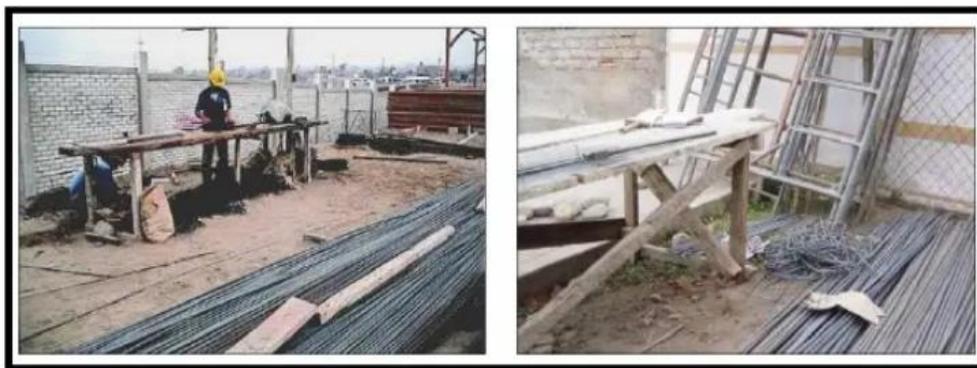
*Fuente: Aceros Arequipa*

## Bancos de fierro

- La fabricación de mesas con tablonos tome tiempo y materiales

**Figura 34**

*Mesas con Tablonos.*



*Fuente: Aceros Arequipa*

## Herramientas de corte

- Baja productividad en la habilitación con el uso de herramientas artesanales

(ACEROS AREQUIPA 2019)

**Figura 35**

*Herramienta de Cortes.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Corte de barras

**Figura 36**

*Corte de Barras.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Doblado de barras

**Figura 37**

*Proceso Doblado de Barras.*

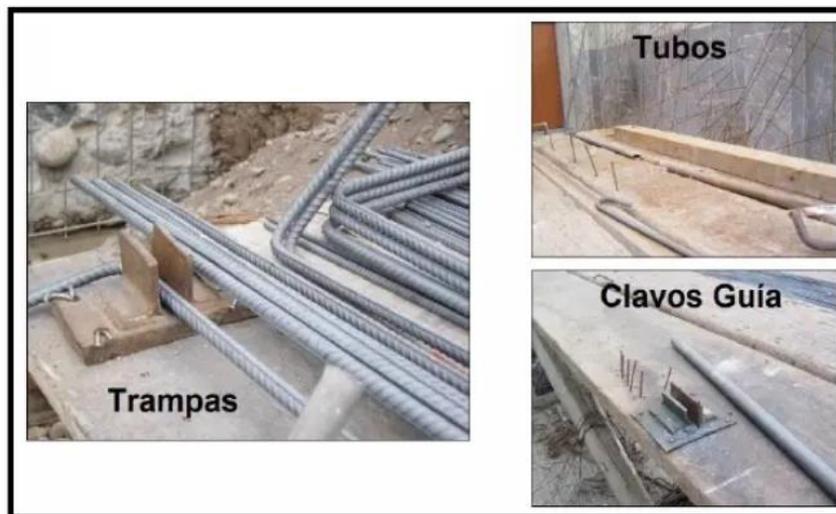


*Fuente: Aceros Arequipa*

## Herramientas de doblado

**Figura 38**

*Herramientas de Doblado.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### Calidad de doblado en obras

- No se cumple siempre con los diámetros de doblado mínimos de las barras corrugadas
- Esto compromete el comportamiento de lacero y la seguridad estructural

#### Figura 39

*Calidad de Doblado en Obras.*



*Fuente: Aceros Arequipa*

- Prácticas equivocadas como enderezar el acero pone en riesgo la seguridad de la estructura.

#### Figura 40

*Enderezamiento de Acero en Obras.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## RESUMEN DEL PROCESO TRADICIONAL

Figura 41

ABASTECIMIENTO		HABILITACION		COLOCACION	
INGENIERIA	RECEPCION	CORTE	DOBLADO	ARMADO	COLOCACION
					
<b>ACTIVIDADES DE FLUJO Y TRANSFORMACION</b>					
Visualización	Conteo	Armado Banco	Información	Información	Transporte
Constructab.	Descarga	Información	Búsqueda	Búsqueda	<b>Colocación</b>
Metrados	Traslado	Búsqueda	Traslado	Traslado	Valorización
Presupuesto	Almacenado <sup>1</sup>	Traslado	Medición	Medición	
		Medición	<b>Doblado</b>	<b>Armado</b>	
		<b>Cortado</b>	Inspección	Almacenado <sup>4</sup>	
		Almacenado <sup>2</sup>	Almacenado <sup>3</sup>		

Resumen del Proceso Tradicional.

Fuente: Aceros Arequipa

## PROCESO CON ACERO DIMENSIONADO

### DISEÑO DE PLANOS DE DETALLE

- Planeamiento y diseño conjunto del proceso constructivo:
- ✓ Apoyo en el planeamiento del mejor proceso constructivo.
- ✓ Elaboración de planos de detalle de refuerzo.
- ✓ Entregas según el cronograma de avance de la obra.

## Figura 42

*Diseño de Planos al Detalle.*

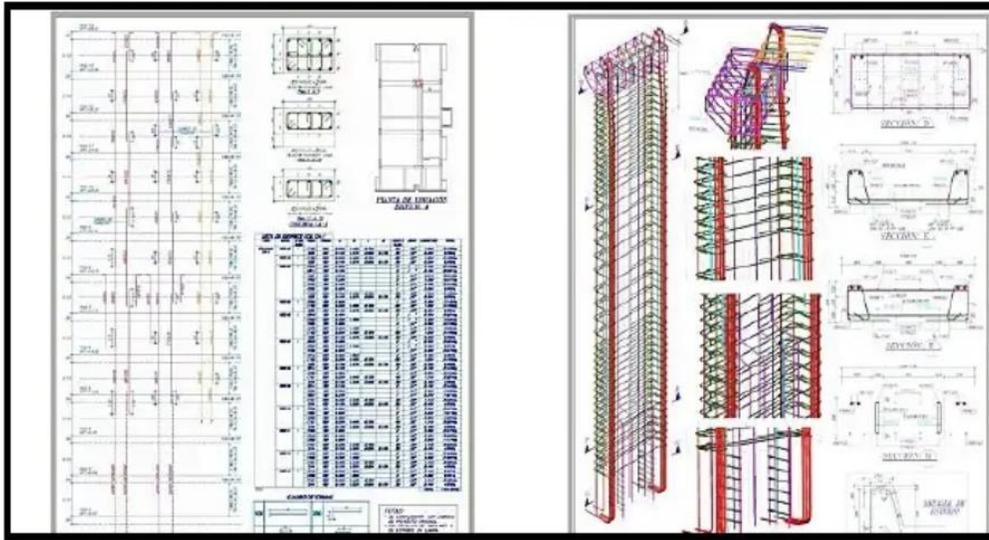


*Fuente: Aceros Arequipa.*

- Diseño de piezas (Ingeniería de Detalle)
- Labor que realiza en permanente coordinación con las obras:
- Transformar el plano de estructuras de la obra en un plano para instalar el acero.
- Determinar las cantidades y longitudes de las piezas para su fabricación.
- Se elaboran planos en 3D para mejor interpretación de los mismos.

**Figura 43**

*Elaboración de Planos en 3D.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- Detallado de planos de estructuras.
- Dimensionado de cada una de las piezas.
- Reducción de errores mediante un trabajo profesional

### **Fabricación de piezas**

#### **Corte y doblado**

- Se especifican todas las dimensiones de las piezas aplicando las tolerancias basadas en normas de construcción
- Las piezas son cortadas y dobladas en máquinas de última tecnología con alta precisión según las normas establecidas.

### Figura 44

*Fabricación de Piezas.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### Figura 45

*Doblado y Corte de Piezas.*



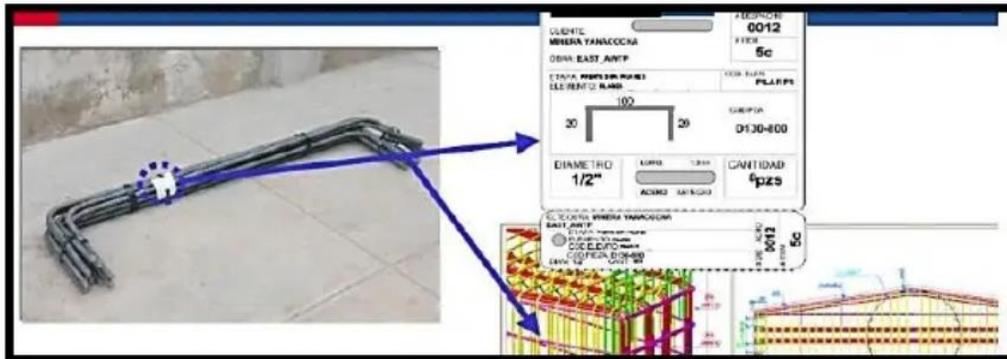
*Fuente: Aceros Arequipa.*

### Empaquetado

- Las piezas se entregan debidamente empaquetadas por estructura.

**Figura 46**

*Piezas Empaquetadas.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

Los paquetes llegan debidamente etiquetados y codificados, facilitando su identificación y posterior colocación en el elemento estructural correspondiente.

**Figura 47**

*Piezas Etiquetadas y Codificadas.*

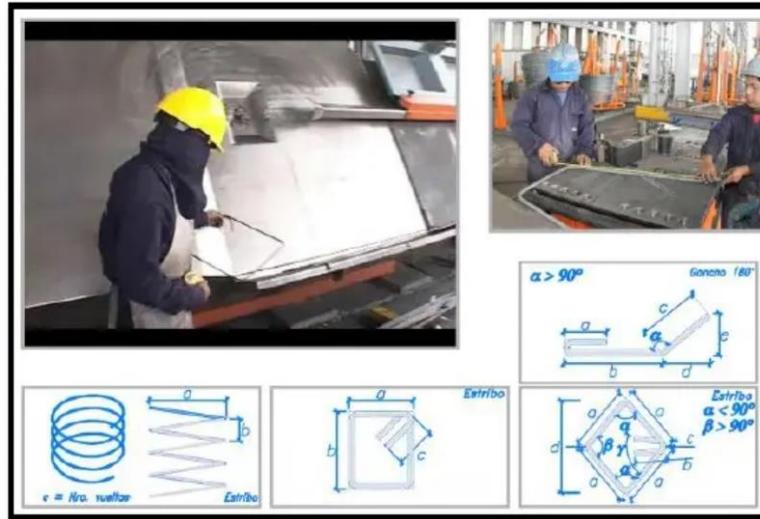


*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Control de calidad del proceso

**Figura 48**

*Control de Calidad del Proceso.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Entrega en obra

- **Entrega en obra**
- ✓ El servicio de entrega con grúas permite la reducción del tiempo destinado a la actividad de descarga.

**Figura 49**

*Entrega de Fierro en la Obra.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- ✓ Entrega en el punto requerido, si las características de la obra lo permiten.

**Figura 50**

*Entrega del Fierro en Obras.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### **Descarga ordenada**

- ✓ Requiere menos tiempo y fuerza de trabajo

- ✓ Mayor seguridad en la descarga

### Figura 51

*Seguridad en Descarga.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- ✓ Control eficiente de los paquetes recepcionados
- ✓ Fácil ubicación y seguimiento de las piezas

### Figura 52

*Ubicación y Seguimiento de Piezas.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## Almacenamiento

✓ Se pueden reducir los espacios requeridos para el almacenamiento del acero con el uso de andamios.

### Figura 53

*Uso de Andamios en la Obra.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

✓ La ubicación de los paquetes de piezas es más rápida y se incrementa la productividad

### **Figura 54**

*Ubicación de los Paquetes de Piezas.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

## **ARMADO Y COLOCACIÓN OPTIMIZADA**

✓ Planos y documentos para una rápida búsqueda y colocación Según la obra se puede disponer de los paquetes en el mismo punto de uso.

### **Figura 55**

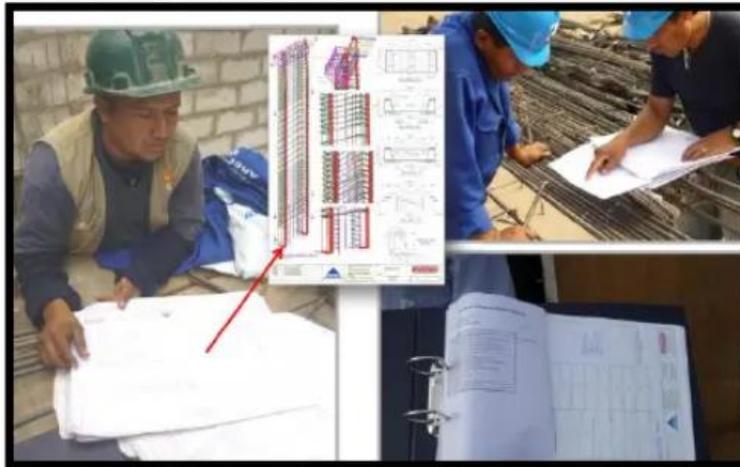
*Ubicación de los Paquetes.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- Fácil utilización por el personal

**Figura 56**



*Rápida Búsqueda con Planos y Documentos.*

*Fuente: Aceros Arequipa.*

## RESUMEN DEL PROCESO DE ACERO DIMENSIONADO

**Figura 57**

*Resumen del Proceso de Acero Dimensionado.*

ABASTECIMIENTO		HABILITACION		COLOCACION	
INGENIERIA	RECEPCION	CORTE	DOBLADO	ARMADO	COLOCACION
<b>MODALIDADES QUE USA EL CONSTRUCTOR</b>					
INGENIERIA			M. OBRA PROPIA		
INGENIERIA	M. OBRA PROPIA		SUBCONTRATO MAESTRO		
ING.DETALLE	M. OBRA DESC. ORDENADA	CORTE Y DOBLADO		M. OBRA PROPIA SUBCONTRATO	DESC.ORDENADA / PLANOS COLOC.

*Fuente: Aceros Arequipa.*

## PROCESO TRADICIONAL VS PROCESO DIMENSIONADO

- **Mejor forma de suministro**
  - ✓ Acero dimensionado es la forma más precisa y profesional de planificar el suministro de acero en una obra.

### Figura 58

*Tradicional vs Dimensionado, Forma de Suministro.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- **Diferencia logística**
  - ✓ Rápida recepción de material
  - ✓ Reducción de costos en personal

**Figura 59**

*Tradicional vs Dimensionado, Diferencia Logística.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- ✓ Almacenamiento ordenado para uso más productivo.
- ✓ El uso de andamios optimiza el espacio de almacenamiento.

**Figura 60**

*Tradicional vs Dimensionado, Almacenamiento Ordenado.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

### Diferencia en diseño

- ✓ Ingeniería de detalle precisa y profesional

**Figura 61**

*Tradicional vs Dimensional, Diferencia en Diseño.*

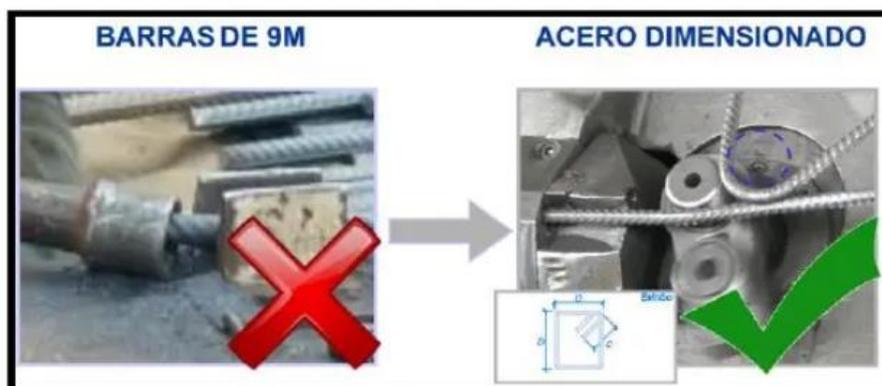


Fuente: Aceros Arequipa.

- Diferencia en corte y doblado
- ✓ Precisión y seguridad en el corte y doblado

**Figura 62**

*Tradicional vs Dimensional Precisión en Corte y Doblado.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

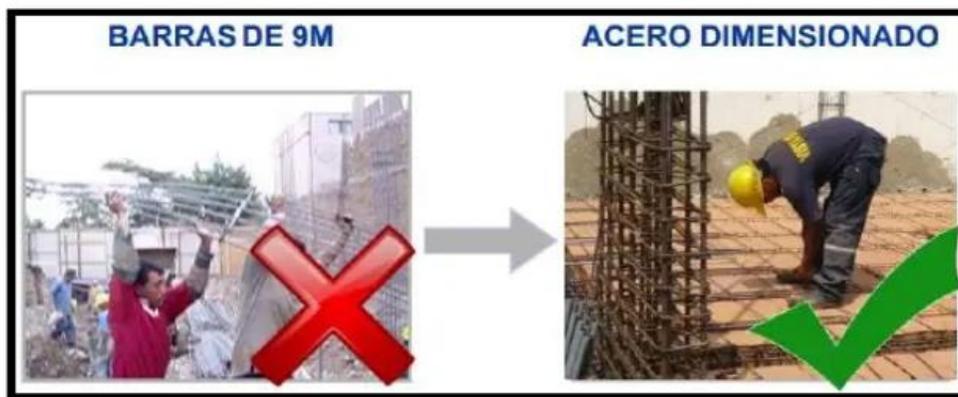
- **Diferencia en armado y colocación**

- ✓ Incremento del rendimiento mediante el uso de planos de detalle y empaques

etiquetados

**Figura 63**

*Tradicional vs Dimensional, Rendimiento Mediante el Uso de Planos.*



*Fuente: Aceros Arequipa.*

- **Diferencia administrativa**

- ✓ Información detallada sobre el consumo del fierro
- ✓ Seguimiento en líneas de cuentas y pedidos.

**Figura 64**

*Tradicional vs Dimensional, Diferencia Administrativa.*



Fuente: Aceros Arequipa.

- Comparación de costos**

A continuación, se puede observar una comparación de costos entre la forma tradicional de construcción y la utilización de acero dimensionado.

**Figura 65**

*Tradicional vs Dimensional, Comparación de Costos.*

VARIABLES	ACERO DIMENSIONADO	MÉTODO TRADICIONAL
Peso del Proyecto	200 ton	200 ton
Merma	0.00 ton	20 ton (10%)
Costo Mano de Obra por Kg	S/. 0.42 / Kg	S/. 0.60 / Kg
Costo Acero Total	US\$ 317,000	US\$ 323,400
Costo Mano de Obra total	US\$ 28,475	US\$ 44,746
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>US\$ 345,475</b>	<b>US\$ 368,146</b>

**Ahorro de: US\$ 22,671**

Precios al 31 de agosto de 2008. Tipo de cambio: 1 US\$ = S/. 2.95

*Fuente: Aceros Arequipa.*

## ¿Qué es un Acero?

Fundamentalmente todos los aceros son principalmente, o más apropiadamente, aleaciones de hierro y carbono. Los aceros llamados al simple carbono son aquellos que generalmente tienen aparte del carbono cantidades o porcentajes pequeños de Mn, Si, S, P. Un ejemplo es el acero 1045 que tiene un 0.45% de carbono, 0.75% de manganeso, 0.40% de fósforo, 0.50% de azufre, y 0.22% de silicio. Los aceros aleados son aquellos que contienen cantidades o porcentajes específicos de otros elementos en una composición química los elementos más comúnmente aleados con estos aceros son el níquel, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno. El Mn se encuentra también en esta categoría si se especifica dentro de un porcentaje mayor al 1%.

Uno o más de estos elementos de aleación pueden ser requeridos para proporcionar en los aceros características especiales o propiedades para aplicaciones de Ingeniería. Por otra parte, el carbono es el principal ingrediente en los aceros, la cantidad de carbono presente en los aceros de simple carbono tiene un efecto pronunciado sobre las propiedades de un acero y en la selección del tratamiento térmico aplicable para ciertas propiedades deseadas debido a la importancia del contenido de carbono, un método para clasificar el acero al simple carbono se encuentra en base al contenido del mismo. Cuando sólo una pequeña cantidad de carbono está en un acero en particular este es llamado un acero al bajo carbono. Un acero al bajo carbono generalmente contiene cantidades menores a 0.30% de C en peso. Cuando un acero contiene 0.30 a 0.60% C el acero es clasificado en un acero al medio carbono. Los aceros que contienen arriba de 0.60% de carbono se

clasifican en aceros de alto carbono y aquellos que contienen arriba de .77% de carbono pueden ser llamados aceros de herramientas. Raramente el contenido de carbono se encuentra en el rango de 1.3 al 2%. El límite superior de carbono en los aceros es del 2%, cuando más de este contenido de carbono está presente la aleación Hierro-Carbono es considerada hierro colado. El contenido de carbono del hierro colado se encuentra en el rango de 2.3 al 4% de carbono. Resumiendo, el acero es una aleación de hierro carbono donde el contenido de carbono generalmente se encuentra en el rango de 0.05 hasta el 1% y ocasionalmente se encuentra en el rango de 1 a 2%. Los aceros al simple carbono consisten sólo de hierro, excepto por 0.40% tanto de P como de S, algunas décimas de por ciento de Mn y Si. Una décima de por ciento de algunos elementos presentes no especificados en aceros al carbono como el Cr, Ni, ó Mo son conocidos como elementos residuales. El por ciento de dichos elementos no especificados viene a ser significativo para seleccionar el tratamiento térmico en ciertas aplicaciones. Si estos exceden ciertos niveles establecidos entonces un acero de mediana aleación es considerado más que un acero al simple carbón.

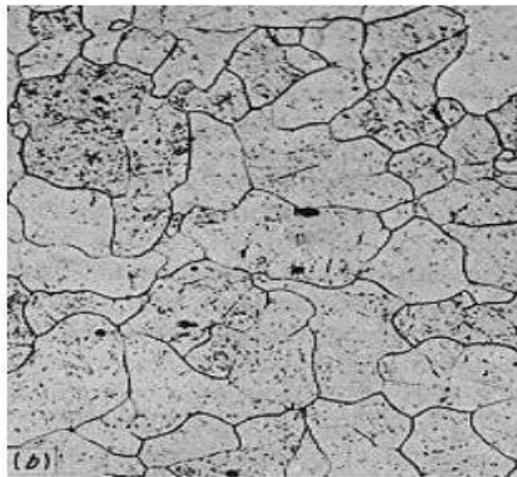
## **ESTRUCTURA DEL ACERO**

La superficie de una pieza de un acero dado no indica que tenga ó presente esta estructura interna, pero si la pieza del metal es rota, la fractura mostrará una apariencia granular, los granos son generalmente tan pequeños que es necesario la amplificación para mostrar su presencia. En principio para examinar un espécimen ó muestra de una pieza de metal bajo un microscopio adecuado, esta deberá ser primeramente preparada por desbaste en una superficie plana y después pulida con abrasivos finos obteniendo una superficie de acabado espejo, libre de ralladuras; la delgada película de metal será atacada, debido a la acción de pulido por el ataque de la superficie pulida con un agente químico revelador (por ejemplo, una solución al 5% de ácido nítrico en

alcohol conocida como Nital, es comúnmente usado para atacar los aceros al carbono), revelando así su microestructura. Una fotomicrografía es una fotografía tomada con la ayuda de un microscopio, en este caso un microscopio metalúrgico conocido como metalográfico. Una fotomicrografía de hierro puro ó ferrita se muestra en la figura (1).

### Figura 66

*Muestra Fotomicrográfica del Hierro Puro.*



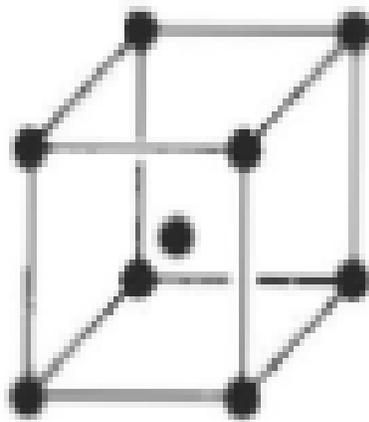
*Fuente: slideshard.net*

Esta fotografía muestra la microestructura de cómo se reveló por preparación y ataque apropiado el espécimen. Las fronteras de grano generalmente se muestran como líneas. Las áreas oscuras en la fotomicrografía son causadas por la diferencia en la profundidad de ataque. Cada grano en la fig. 66 es un cristal simple de metal. Una amplificación de 100x es generalmente suficiente para mostrar el grano en un metal puro. Amplificaciones hasta de 50,000x, son posibles obtener con el microscopio de barrido electrónico para exámenes metalográficos, por otra parte, una amplificación de 100x o 500x son comúnmente usados. Todos los metales sólidos son cristalinos por su naturaleza en la solidificación del acero, procedente de la formación de pequeños cristales en el metal fundido durante el proceso de solidificación. El examen de metales por otra

parte, bajo el más poderoso microscopio no podrá revelar los átomos en las redes espaciales, todo lo que se podrá ver son los granos individuales o cristales. En principio para poder ver el arreglo de las redes cristalinas de los átomos en hierro o acero serán necesarias ampliaciones, un pulido y un atacado de metal de cerca de 35,000,000 millones de veces más de lo que se pudiese ver a simple vista por lo que los pequeños granos observados bajo el microscopio, están hechos por una gran cantidad de átomos. Los granos o cristales de un metal pueden tener una forma externa y algunos varían en tamaño. La estructura interna de un grano está basada en el espacio de la red espacial del metal, en particular unido en un modelo definido o estructura. Esta estructura atómica es llamada red espacial de algunos materiales cristalinos. A una temperatura fija los átomos en un grano, son espaciados a distancias definidas uno de otro y no pueden cambiar este espaciamiento, no es ciato que los átomos estén unidos juntos de esta manera, pero es usual dibujar los cristales como una red de trabajo tridimensional de átomos conectados por líneas imaginarias. Hay catorce tipos de redes posibles, en la metalurgia ferrosa necesitamos conocer solamente dos:

**Figura 67**

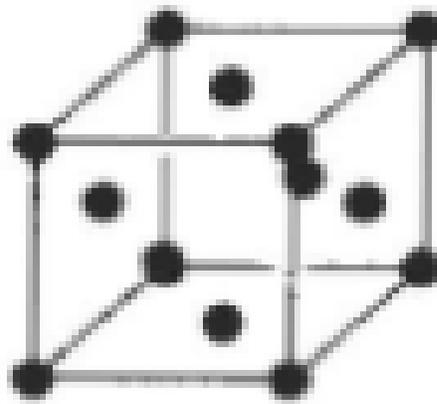
*Cubica Centrada en el Cuerpo.*



*Fuente:* Wikipedia.org.

**Figura 68**

*Cubica Centrada en las Caras.*



*Fuente:* Wikipedia.org.

La estructura BCC tiene un átomo en cada esquina del cubo imaginario y uno en el centro del cubo. La estructura FCC tiene un átomo en cada esquina del cubo y uno en el centro de cada una de las seis caras. El hierro puro, así como el acero al carbón cuentan con la estructura cristalina BCC, a temperaturas ambiente en un rango de temperaturas elevadas cuenta con la estructura FCC. Este movimiento de átomos es referido por un cambio alotrópico. La temperatura a la cual ocurre este cambio es conocida como temperatura de transformación. La ciencia de los tratamientos térmicos depende de la alotropía del hierro y de las variaciones de solubilidad del carbono en cada forma cristalina del hierro.

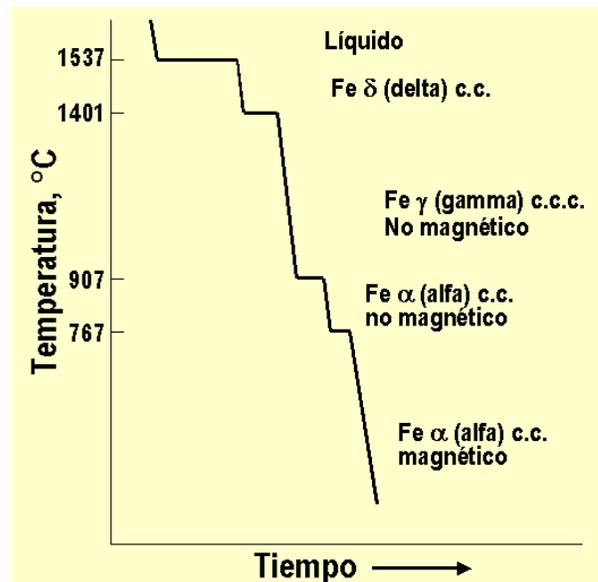
## **CAMBIOS ALOTROPICOS DEL HIERRO PURO**

Debido a que el hierro es el elemento predominante en por ciento en peso en las aleaciones hierro - carbono, una breve revisión de los cambios alotrópicos del hierro puro serán de gran valor como una guía para subsecuentes estudios detallados, asumiendo que el hierro puro se funde en un crisol aislado, permitiéndole enfriar lentamente y así graficar la temperatura de enfriamiento del hierro contra tiempo (figura 69) se puede observar que a una temperatura superior a  $1540^{\circ}\text{C}$  ( $2800^{\circ}\text{F}$ ) el hierro se encuentra en el estado líquido. A  $1540^{\circ}\text{C}$  ( $2800^{\circ}\text{F}$ ) el hierro comienza a solidificar sin que ocurra algún cambio en la temperatura hasta que el hierro está completamente sólido, esto está dado por la horizontal (a) en la figura 69. En la curva de enfriamiento a  $1540^{\circ}\text{C}$  ( $2800^{\circ}\text{F}$ ) al solidificar completamente el hierro, la temperatura comienza a disminuir continuamente a una razón uniforme hasta alcanzar  $1395^{\circ}\text{C}$  ( $2540^{\circ}\text{F}$ ), en este punto hay sólo un pequeño retraso en la temperatura comparado con el de  $1540^{\circ}\text{C}$  ( $2800^{\circ}\text{F}$ ). Entre  $1540^{\circ}\text{C}$  ( $2800^{\circ}\text{F}$ ) y  $1395^{\circ}\text{C}$  ( $2540^{\circ}\text{F}$ ) el hierro sólido presente se le conoce como hierro  $\delta$  y presenta una estructura cúbica de cuerpo centrado (BCC). El retraso en (b) de la figura 69 indica que a  $1395^{\circ}\text{C}$  ( $2540^{\circ}\text{F}$ ) tiene un cambio en el hierro sólido. El hierro  $\delta$  sufre un cambio a hierro  $\gamma$  con estructura cúbica de caras centradas (FCC). Este cambio en particular no tiene importancia a nivel comercial en las prácticas de tratamientos térmicos. Cuando se completa la transformación a  $1395^{\circ}\text{C}$  ( $2540^{\circ}\text{F}$ ), la temperatura disminuye de nuevo a una razón constante hasta alcanzar los  $915^{\circ}\text{C}$  ( $1675^{\circ}\text{F}$ ) donde se presenta otro retraso (c) figura 69, permaneciendo constante la temperatura por un breve tiempo, a esta temperatura el hierro  $\gamma$  cambia a hierro  $\alpha$ , con estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC). Esta transformación es de gran importancia en el tratamiento térmico de los aceros. El retraso a  $770^{\circ}\text{C}$  ( $1420^{\circ}\text{F}$ ) (d) en figura 69 no tiene importancia en los tratamientos térmicos ya que representa el cambio de no magnético a magnético del hierro, y se le llama punto Curie. Hay que hacer hincapié en que la figura 69 representa los cambios que ocurren durante enfriamientos muy

lentos, tanto como sea posible en experimentos controlados en laboratorios, más que en condiciones de práctica comercial. Además, al calentar lentamente el hierro, las transformaciones anteriores tienen lugar de una manera reversible, las transformaciones que ocurren a razones lentas de enfriamiento y calentamiento son conocidas como transformaciones de equilibrio, debido a que se da el tiempo suficiente para que las temperaturas ocurran a las temperaturas indicadas en la figura 69.

**Figura 69**

*Curva de Enfriamiento del Hierro Puro.*



Fuente: Upv.es

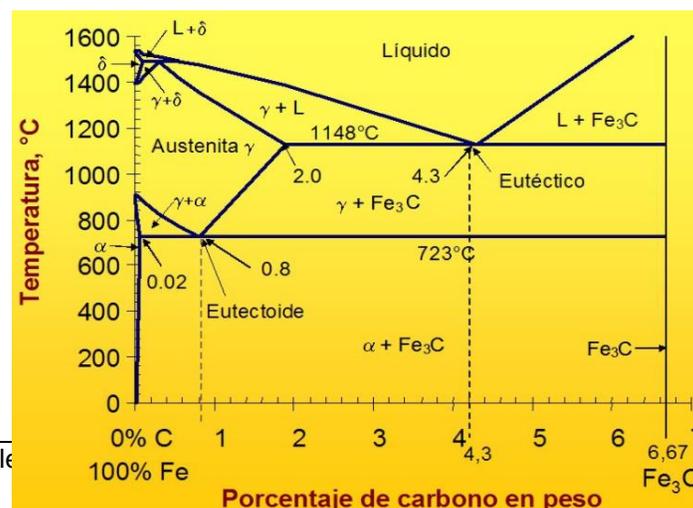
Resumiendo, el proceso por el cual el hierro cambia de un arreglo atómico a otro, cuando calentamos a través de 915°C (1675°F), es llamada una transformación. Transformaciones de ese tipo no sólo ocurren en hierro puro sino también en algunas de sus aleaciones; cada composición de aleación, transforma a su propia temperatura característica, son estas transformaciones las que hacen a los tratamientos térmicos de los aceros muy significativos.

## DIAGRAMA DE FASE HIERRO-CARBURO DE HIERRO

Cuando el hierro puro experimenta la transformación a  $915^{\circ}\text{C}$  ( $1675^{\circ}\text{F}$ ) el hierro es FCC y abajo de  $915^{\circ}\text{C}$  ( $1675^{\circ}\text{F}$ ) es BCC. Cuando cuatro átomos de carbono están presentes, dos cambios tienen lugar. La temperatura de esta transformación tiene lugar sobre un rango de temperatura en lugar de una sola temperatura. Esta información ha sido condensada en el diagrama de fase hierro-carburo de hierro presentada en la Figura 70. Una fase es una porción de una aleación física, química o cristalográficamente homogénea en todo, la cual está separada del resto de la aleación por superficies de distinta orientación. Las siguientes fases ocurren en aleaciones hierro-carbono: Aleación fundida, austenita, ferrita, cementita y grafito. Puede notarse que cualquiera de estas fases, puede ser, por otra parte, llamada constituyentes como la perlita o la bainita, debido a que algunas son mezclas y no son homogéneas en todo. Un diagrama de fase es una representación gráfica de la temperatura de equilibrio y los límites de composición de campos de fase y reacciones de fase en un sistema de aleaciones. En el sistema hierro-carburo de hierro, la temperatura es graficada verticalmente y en forma horizontal es graficada la composición. En sistemas metálicos la presión generalmente es considerada constante. Cualquier punto en el diagrama, por lo tanto, representa una temperatura y composición definida. ¡La práctica de tratamientos térmicos raramente involucra temperaturas arriba de  $1035^{\circ}\text{C}$  ( $1900^{\circ}\text{F}$ ).

**Figura 70**

*Diagrama de Equilibrio Hierro Grafito.*



*Fuente: Upv.es.*

## **SOLUBILIDAD DEL CARBONO EN EL HIERRO**

Puede ser relativamente fácil aceptar el hecho de que el carbono es uniformemente disuelto en hierro fundido. Es más difícil visualizar carbono sólido, o carburo de hierro, disuelto en hierro sólido. Sin embargo, es esta habilidad del hierro y el carbono de formar soluciones sólidas lo que hace posible el éxito del tratamiento térmico del acero. Refiriéndonos a la figura 70, el área denominada como austenítica es el área en la cual el hierro puede retener mucho carbono disuelto. En efecto, algunas operaciones de tratamientos térmicos como son: Recocido, normalizado y temple, son llevados a el calentamiento del acero dentro de la región austenítica, para disolver el carbono en el hierro.

## **AUSTENITA**

Es el término aplicado a la solución sólida de carbono en hierro FCC, en otras constituyentes en el diagrama, la austenita tiene cierta solubilidad definida de carbono, la cual depende de la temperatura el área sombreada en la figura 70, encuadrada por AGFED. Como se indica en el área de la austenita en la figura 70, el contenido de carbono en la austenita está en el rango de 0 a 2%. Bajo condiciones normales, la austenita no existe a temperatura ambiente en los aceros al simple carbono. Esto permite que los aceros al carbono al ser enfriados a diferentes razones desde la zona austenítica obtengan microestructuras que influyen en las propiedades mecánicas del acero a temperatura ambiente. El límite de solubilidad para el carbono en la estructura cúbica de cuerpo centrado de las aleaciones hierro-carbono, se muestra por la línea ABC en la figura 70. Esta área del diagrama es llamada alfa, y la fase es llamada ferrita. La máxima

solubilidad del carbón en hierro alfa, o ferrita, es 0.25% y ocurre a 725°C(1340°F). A temperatura ambiente la ferrita puede disolverse solamente a 0.008% de C, como se muestra en la figura 70.

## **CEMENTITA**

Se puede notar que el diagrama de la figura 70 no se extiende más de 6.67% normalmente el carbono no está presente en los aceros como tal, sino como cementita que es un compuesto de hierro y carbono que tiene la fórmula Fe<sub>3</sub>C. El cementita consiste de 6.67% de C y 93.33% de hierro. Esta estructura está formada por un átomo de carbono y tres átomos de hierro. El diagrama de fase hierro-cementita no muestra las relaciones de fase entre el hierro y el carbón, pero muestra las relaciones entre el hierro y el carburo de hierro. El cementita o Fe<sub>3</sub>C, también es llamada carburo de hierro.

## **TRANSFORMACION DE LA AUSTENITA**

La transformación de la austenita en carburo y ferrita se da en diferentes microestructuras dependiendo de su composición actual y su rapidez de enfriamiento. Estas características se explicarán a continuación.

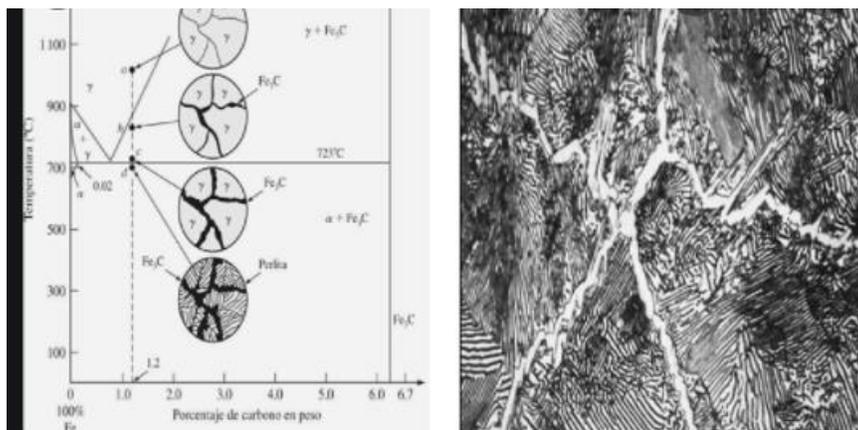
## **ACERO EUTECTOIDE**

Un acero al carbón que contiene 0.77% de carbón se convierte en una solución sólida a cualquier temperatura en el rango de temperatura de la austenita, entre los 725°C (1340 ° F) y los 1370 0 C (2500 0 F). Todo el carbón es disuelto en la austenita. Cuando la solución sólida es enfriada lentamente, varios cambios ocurren a la temperatura de 725° C (1340 °F). Esta temperatura es una temperatura de transformación ó temperatura crítica del sistema hierro-cementita. A esta temperatura, un acero con 0.77% de carbón se transforma de una solución sólida simple homogénea a dos nuevas fases sólidas. Este cambio ocurre a temperatura constante y con la

evolución de calor. Las nuevas fases son ferrita y cementita, formadas simultáneamente, sin embargo, solo es una composición en el punto G en la figura 70, un acero con 0.77% de carbón; así es como ocurre el fenómeno de la formación simultánea de ferrita y cementita. Estos dos nuevos elementos tal vez se desarrollen por separado de la austenita en otros aceros, como se explicará más adelante. La transformación en el punto G es conocida como la transformación eutectoide y como consecuencia, el acero en el que ocurre, 0.77% de carbón acero al carbón, es llamado acero eutectoide. Cuando la ferrita y cementita son formadas por esta reacción eutectoide, el producto es llamado perlita. La figura 71 muestra la microestructura de la perlita y el cementita. La ferrita es idéntica en apariencia a la figura mostrada con anterioridad. La perlita está compuesta de placas alternas, o laminares, de ferrita y cementita. Ha sido nombrada perlita porque frecuentemente exhibe una presentación de colores similar a la presentación de colores obtenido de la madre perla. Solamente el acero al carbón de 0.77% de carbón, para las familias de aceros al carbón, pueden tener 100% de perlita en su microestructura a temperatura ambiente después de un enfriamiento lento a través de la temperatura de transformación a los 725° C (1340 °F). Habiendo sido calentado lentamente a través de los 725°C (Í340 °F), la situación antes descrita es revertida, la perlita cambiará a austenita a esta temperatura o un poco por encima de ella.

**Figura 71**

*Microestructuras de Aceros Eutéticos.*



*Fuente: Blog.utp.edu.co*

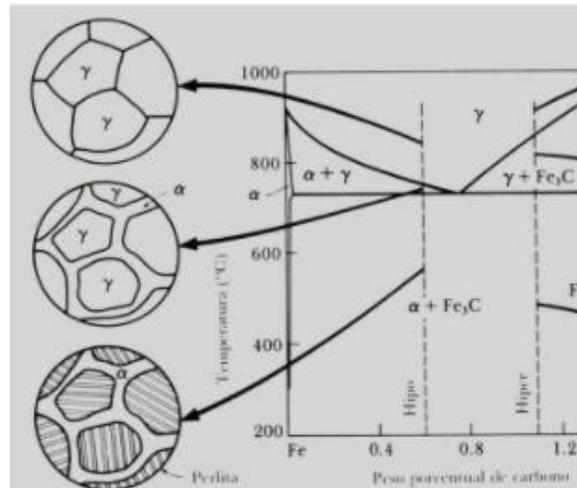
## **ACEROS HIPOEUTECTOIDES**

Aceros al carbón que contienen menos que 0.77% de carbón son conocidos como aceros hipoeutectoides. El área marcada por AGB en el diagrama hierro-cementita es la representación de las microestructuras a temperatura ambiente de estos aceros; en esta área, la ferrita y la austenita, cada una de las cuales tienen diferente contenido de carbono, pueden existir simultáneamente." Hasta un enfriamiento lento, la ferrita libre se empezará a formar de la austenita cuando la temperatura cruce de la línea AB, en el área AGB, con cantidades crecientes de ferrita formándose mientras la temperatura continúa en descenso estando en esta área. La ferrita libre es ferrita que no es parte de la perlita. En aceros al carbón, esto puede existir solamente en aceros hipoeutectoides. Idealmente, bajo condiciones de muy lento enfriamiento, toda la ferrita libre será separada de la austenita para el tiempo en que la temperatura del acero alcance  $A_i$ , la línea BG, a los  $725^{\circ}\text{C}$  ( $1340^{\circ}\text{F}$ ). Las islas de austenita las cuales permanecen a la temperatura de  $725^{\circ}\text{C}$  ( $1340^{\circ}\text{F}$ ), ahora tienen la misma cantidad de carbón que el acero eutectoide, o aproximadamente 0.77% de carbón. Un poco por debajo, o a la temperatura de los  $725^{\circ}\text{C}$  ( $1340^{\circ}\text{F}$ ), la austenita restante que aún no se ha transformado, comienza ahora su transformación, convirtiéndose en perlita. Abajo del diagrama hierro-cementita, fig. 70, hay una gran variedad de microestructuras. El segundo de la izquierda será típico de un acero hipoeutectoide, con ferrita (alfa) en el área clara y perlita en el área oscura. La secuencia de cambios de arriba se aplica para cualquier acero hipoeutectoide, y cualquier acero al carbón que contenga de 0.03% a 0.79% de carbón. La proporción resultante de ferrita libre en las microestructuras de aceros dentro de este rango y bajo condiciones de lento enfriamiento, es inversamente proporcional al contenido de carbón del acero, un acero con un 0.05% de carbón tendrá aproximadamente 95% de ferrita libre, mientras que un acero con un

0.70% de carbón tendrá menos de 10% de ferrita libre. Convencionalmente, el porcentaje de perlita en aceros hipoeutectoides de lento enfriamiento será directamente proporcional al contenido de carbón del acero. Un acero con un 0.05% de carbón tendrá aproximadamente un 5% de perlita, mientras que un acero con un 0.70% de carbón tendrá un 90% de perlita, aproximadamente. Entonces, podrá ser posible estimar el contenido de carbón por medio de una micro examinación de un espécimen lentamente enfriado. Cuando los aceros hipoeutectoides son lentamente calentados a través del área AGB, cambios opuestos ocurren. La perlita se transforma en austenita a la temperatura de los 725°C (1340°F), y las áreas de ferrita permanecen sin cambio alguno; en tanto el calor progresa a través del área AGB, gran cantidad de ferrita es transformada en austenita, de tal modo que cuando la temperatura alcanza la línea AG, toda la ferrita será transformada en austenita, dando como resultado una estructura austenítica al 100% por encima de la línea AG. La línea BG es comúnmente conocida como la temperatura  $A_i$  o  $A_{ei}$  en la literatura y es una temperatura ajustada a 725°C (1340°F) para aceros al carbón no aleados. La línea AG es conocida usualmente como la temperatura  $A^*$  o línea A3 en la literatura, y como puede verse en el diagrama, la temperatura A3 varía y es una función del contenido de carbón; es relativamente alto para aceros al bajo carbón y comienza a decrecer cuando el contenido de carbón va en aumento hacia el 0.77%.

**Figura 72**

*Aceros Hipoeutectoides.*



Fuente: Blog.utp.edu.co

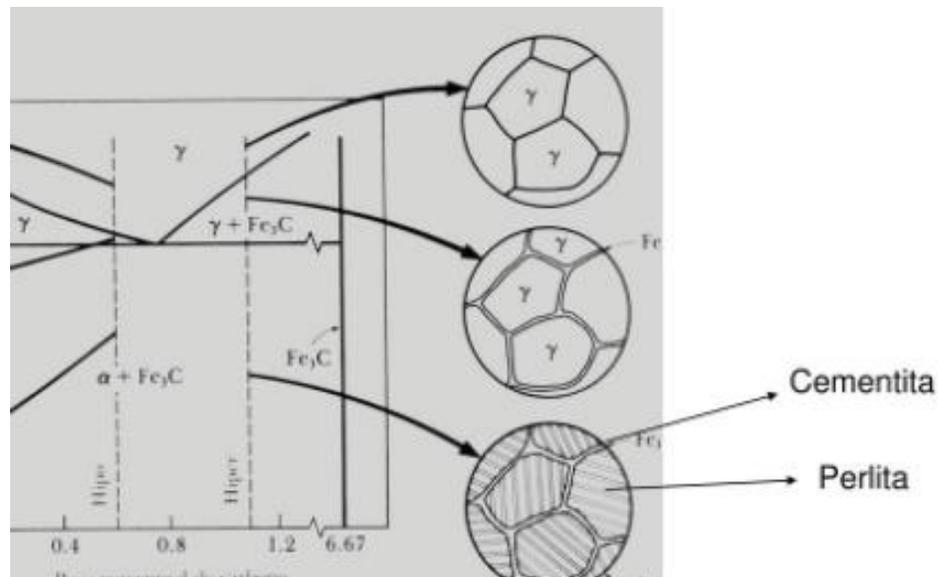
## ACEROS HIPEREUTECTOIDES

Los aceros que contienen de 0.77% hasta aproximadamente 2% de carbono son conocidos como aceros hipereutectoides. Suponiendo que un acero que contiene 1% de carbón ha sido calentado a la temperatura de 845 0 C (1550 0 F), suponemos una estructura 100% austenítica. Cuando se enfría, no habrá cambios hasta que la línea GF, conocida como Acm o línea de solubilidad de cementita, sea alcanzada. En este punto, el cementita comienza a separarse de la austenita; grandes cantidades de cementita se separan mientras que la temperatura del 1% del acero al carbón desciende por abajo de la línea A. La composición de la austenita cambia de 1% de carbón a 0.77% de carbón. At a .0. temperatura un poco menor de los 725 °C (1340° F), la austenita que queda cambia a perlita. No ocurren más cambios en tanto la temperatura de enfriamiento va hacia una temperatura ambiente; por esto, las micro estructuras a temperatura ambiente constan de perlita y cementita libre. En este caso el cementita libre existe como una red

alrededor de los granos de perlita. Al calentar aceros hipereutectoides, cambios opuestos ocurren.

A la temperatura de 725°C (1340°F), perlita cambia a austenita. Al incrementarse la temperatura por encima de los 725°C (1340° F), la cementita libre se disuelve en la austenita, y en el momento en que la temperatura alcanza la Línea Aon, toda la cementita se habrá disuelto formando austenita al 100%.

**Figura 73**



*Aceros Hipereutectoides.*

Fuente: Blog.utp.edu.co

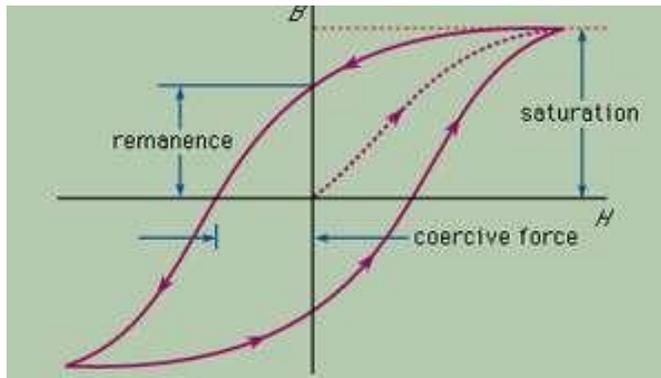
## HYSTERESIS

Las temperaturas críticas  $A_1$ ,  $A_3$  y  $A_{cm}$  son pausas de calentamiento o enfriamiento y han sido simbolizadas con la letra A, tomada de la palabra francesa 'arret' que significa pausa o punto de retardo, en curvas que han sido graficadas para mostrar calentamientos o enfriamientos de muestras. Cabe mencionar que por lo general los cambios ocurren a temperaturas específicas. Dichos cambios ocurrirán a la temperatura de transformación en el diagrama hierro-carburo de

hierro, solo si es dado el tiempo suficiente, y puede ser graficado para aceros mostrando retardos a la temperatura de transformación tal como frieron mostrados para el hierro en la figura 74. Sin embargo, ya que los rangos de calentamiento en la práctica comercial usualmente exceden los rangos de los experimentos hechos en laboratorios, los cambios en el calentamiento usualmente ocurren a la temperatura de algunos grados centígrados por encima de la temperatura de transformación mostrada en la figura 70 y son conocidas como las temperaturas  $A_i$ , tal como  $A_{ci}$  o  $A_{c3}$ . El subíndice C es tomado de la palabra francesa 'chauffage' que significa calentamiento.

De la misma manera, el lento enfriamiento en la práctica comercial, los cambios de transformación ocurren a una temperatura algunos grados centígrados por debajo de la temperatura de transformación mostrada en la figura 70. Esta es conocida como  $A_i$ , o  $A_{ri}$ ; el subíndice r se origina en la palabra francesa 'refroidissement' que significa enfriamiento. Esta diferencia entre las temperaturas de transformación de calentamiento y enfriamiento varia con el rango de calentamiento o enfriamiento. Mientras más rápido sea el calentamiento, más alto será el punto  $A_c$ . Mientras más rápido sea el enfriamiento, menor será el punto  $A_r$ . Así mismo, mientras más rápido sea el rango de calentamiento y enfriamiento, más grande será la separación entre los puntos  $A_c$  y  $A_r$ . Como veremos posteriormente, el tiempo es un factor muy importante en todo lo referente a transformación.

### **Figura 74**



*Hysteresis.*

*Fuente: Britannica.com*

## **HOMOGENIZACION DE LA AUSTENITA**

Mientras el diagrama hierro-carburo de hierro solo muestra las fases que existen en el equilibrio, cuando los rangos de calentamiento y enfriamiento son muy bajos, la temperatura es significativa en la transformación completa de todos los constituyentes cuando el calentamiento está en el terreno de la austenita. Es posible calentar un acero con 0.25% de carbón tan rápido hasta los 815 ° C (1500°F), que la solución y difusión de carbón no llega a completarse, resultando en parches de 0.77% de carbono austenítico donde existe perlita. Para complementar la condición anterior, cualquier temperatura deberá ser incrementada o un tiempo suficiente deberá ser dado para que ocurra la difusión de carbón y la austenita tenga 0.25% de carbón distribuido uniformemente. Cuando la austenita tiene el carbón distribuido uniformemente, el proceso es conocido como homogenización. El tratamiento exitoso de calor requiere austenita homogénea como el primer paso a seguir. A falta de ella toda clase de resultados desastrosos pueden ocurrir.

## **EFFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION**

El diagrama de fase hierro-carburo de hierro, muestra las relaciones de equilibrio para aleaciones de hierro y carbón puro. La presencia de líneas de impurezas en estas aleaciones no

alterará dicho diagrama. Sin embargo, cuando las adiciones en las aleaciones son hechas a el acero, la temperatura de transformación cambia y es frecuente que se dese determinar las temperaturas de transformación para alguna aleación en particular. Ya que hay muchas aleaciones de acero que contienen varios elementos de aleación, sería poco práctico e innecesario determinar todo el diagrama de fase para cada aleación. Un método para determinar la temperatura de transformación es calentar un bloque del acero en cuestión a un rango uniforme y medir su temperatura en intervalos de tiempo frecuentes. Una gráfica de tiempo y temperatura formará una curva similar a la curva que se muestra en la fig. 74

## **TEMPERATURAS DE TRANSFORMACION**

Durante el nivel inicial de calentamiento, la temperatura del bloque se incrementa a un rango uniforme. A la temperatura  $T_i$ , el rango de la absorción de calor decrece hasta alcanzar la temperatura  $T_2$  y en este punto el rango vuelve a incrementarse. La temperatura  $T_i$  es la temperatura crítica e indica el inicio de la transformación de ferrita en austenita. Ya que el calor de entrada al bloque era constante, seguirá la temperatura entre  $T_i$  y  $T_2$ . La transformación de ferrita en austenita también requiere cierta cantidad de energía termal. En temperaturas de enfriamiento ocurren cambios opuestos. El bloque se enfría hasta que la temperatura  $T_2$  es alcanzada. En este punto, el calor absorbido durante la transformación es liberado y el rango de enfriamiento comienza a bajar. Cuando la transformación de austenita en ferrita se ha completado, el enfriamiento vuelve a su rango original. La liberación de calor durante el proceso de enfriamiento en ocasiones es conocido como recalcancia. Cuando una ruptura ocurre en la curva de enfriamiento o calentamiento, el progreso normal de la temperatura contra la curva de tiempo esta encontrada (a tope); esto se indica con el símbolo  $A_i$  o  $A_3$ , etc., para varias de las transformaciones.

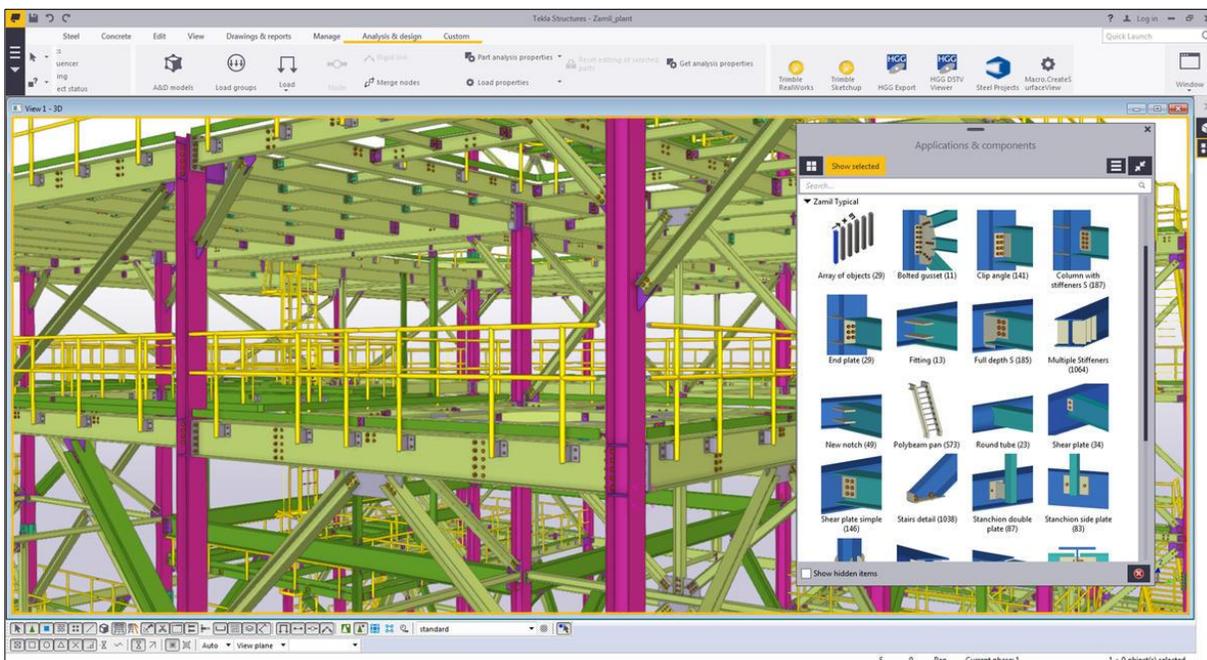
Dentro de las **nociones teóricas** podemos mencionar:

### Tekla structures:

Es un programa diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora en 3D en (tres dimensiones) para el diseño, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras para la construcción. Desarrollado por la empresa finlandesa TEKLA tiene presencia a nivel mundial a través de oficinas propias y representantes oficiales. (TEKLA STRUCTURES 2020)

### Figura 75

*Tekla Structure.*



Fuente: Tekla.com

### Características:

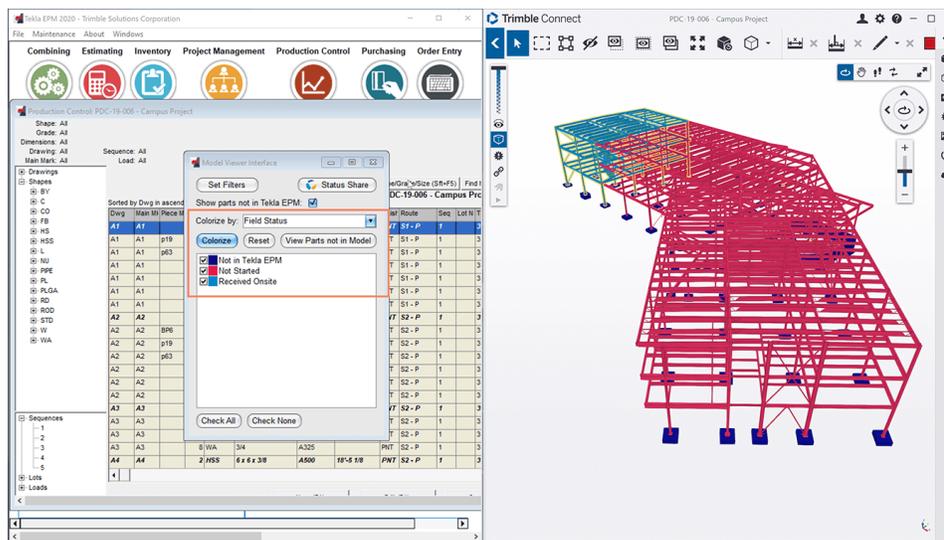
La utilidad de esta aplicación no solo se basa en el modelado en tres dimensiones de la obra a ejecutar. Al igual que otros programas basados puramente en 3D, no dibuja simplemente líneas

sino directamente sólidos paramétricos dentro de un solo modelo 3D. Gracias a que en el sector de la construcción los elementos estructurales están claramente predefinidos, es posible modelar directa y rápidamente los perfiles y detalles generales.

A través de Macros y soluciones predefinidas se resuelven fácilmente las uniones y nudos estructurales.

**Figura 76**

*Tekla Structures Características*



Fuente: Tekla.com

Una vez modelada la estructura a construir, el programa es capaz de generar todo tipo de planos generales, de despiece y de fabricación, así como listados de materiales y de piezas. Toda esta información es en todo momento dependiente del modelo y por ello, ante cualquier

modificación que se lleve a cabo en el modelo, todos los planos se actualizan para reflejar la realidad.

El concepto paramétrico del programa hace que la creación y modificación de elementos sea una tarea rápida y sencilla. Por ejemplo, al crear una unión que depende del ancho de un pilar, los elementos de la unión tendrán un tamaño en concordancia con el tamaño del pilar. igualmente, al modificar las dimensiones del pilar, las uniones afectadas adaptan su forma y tamaño a este cambio automáticamente. Tiene una versión para la fabricación que genera archivos (CAM) de distintos formatos para las máquinas CNC o de control numérico, como mesas de oxicorte /plasma, máquinas de ferralla, sierras y taladros, etc.

La opción de control de choques ayuda al diseñador a localizar las colisiones existentes que impedirían la fabricación o el montaje. Además, puede intercambiar datos con un alto número de aplicaciones utilizadas en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura, (instalaciones eléctricas y tuberías, maquinaria) consiguiendo así coordinar el diseño de las distintas especialidades.

Tekla Structures ofrece la posibilidad de integrarse con algunos programas de cálculo fundiendo así los pasos de diseño de estructuras y detallado. Además, facilita la programación externa a través de NET, abriendo una puerta a un sinnúmero de aplicaciones y controles externos.

Con Tekla Structures puede crear modelos 3D precisos y ricos en información que contienen todos los datos estructurales necesarios para construir y mantener la estructura. Los modelos de Tekla son realmente construibles porque pueden alcanzar el LOD 500, que actualmente es el nivel más alto de desarrollo. Los modelos LOD de alto nivel, según se construyen, minimizan las sorpresas costosas, las solicitudes de información (RFI) y los resultados para proyectos más rentables.

Puede importar, exportar y vincular sus datos con otras soluciones de software, herramientas de construcción digital y maquinaria de fabricación. Lea más sobre la interoperabilidad y nuestro enfoque de Open BIM.

## ¿Quiénes utilizan Tekla Structures?

### Fabricantes de acero

Trabajar con Tekla ofrece la forma más precisa e integrada de gestionar el detallado, la planeación de la producción y el montaje de todas las estructuras de acero. Además, puede obtener más ofertas gracias a los modelos de ventas.

El software Tekla aporta mayor eficiencia al flujo de trabajo de producción de acero. Se integra a la arquitectura, ingeniería estructural y con otras soluciones y sistemas de planeación de la producción, trabajando tanto para el detallado y producción de todo tipo de estructuras de acero. Como Tekla Structures es una herramienta poderosa y flexible, usted puede crear modelos detallados en 3D de cualquier estructura de acero que se desee construir, desde proyectos comerciales, estadios y rascacielos hasta un estadio olímpico y torres de transmisión.

El software Tekla de Modelado de Información (BIM) le proporciona grandes ventajas desde la oficina hasta la obra como coordinación de diseño, Ingeniería de detalle, fabricación y operaciones en obra creando un flujo de trabajo automatizado y eficiente. Los modelos también le proporcionan una fuente poderosa de información inteligente y organizada para los procesos de fabricación, como son información para maquinaria de control numérico CNC, robots de ensamble y soldadura y procesos de manejo de material.

### **Figura 77**

*Fabricantes de Acero.*



*Fuente: Tekla.com*

### **Contratistas que trabajan con concreto**

Para un contratista que trabaja con concreto, el modelo preciso de Tekla en 3D ofrece beneficios en cada una de las etapas del proceso de construcción. Gracias a los cálculos rápidos y precisos, podrá elaborar mejores presupuestos. Para ahorrar tiempo y dinero, es importante reducir los errores internos. Con el software Tekla, puede tener todo bajo control antes de empezar a construir. Además, puede compartir su modelo libremente con el ingeniero y con el contratista, y mantener a todo su equipo informado.

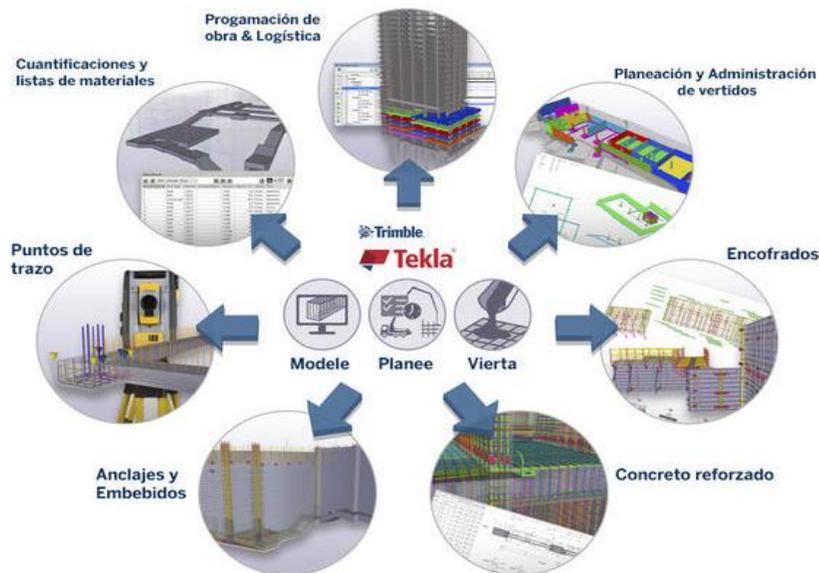
El software Tekla facilita su trabajo en todas las etapas del proceso de construcción con concreto:

- **Modele antes de construir:** Cree modelos precisos de su trabajo en 3D rápidamente.
- **Planifique cómo colar el concreto:** Con el modelo en 3D podrá organizar, calcular y prepararse mejor antes de colar el concreto.

- Colado del concreto en la obra: Implemente el modelo en la obra y comience a colar el concreto con la tranquilidad de que ya está todo resuelto.

**Figura 78**

*Esquema de Organización con el Sistema Tekla*



*Fuente: Tekla.com*

Todos los días, los ingenieros estructurales de todo el mundo utilizan nuestra gama de potentes programas estructurales para diseñar y construir edificios comerciales. Automatizado,

optimizado y de forma inteligente, las soluciones de Tekla hacen que la ingeniería estructural sea productiva y rentable.

Con el software Tekla, los Ingenieros estructurales pueden trabajar de forma más efectiva, tal como ellos lo desean, enfocados en la ingeniería y no en la documentación. Usted puede lograr mayor precisión, consistencia y calidad en el trabajo principal y entregar un modelo valioso al contratista.

Tekla Structures interactúa con los softwares líderes de diseño y análisis de la industria y hace posible la coordinación entre arquitectos, consultores y contratistas. Trimble Connect ofrece una herramienta profesional gratuita para la colaboración en la construcción.

### **Figura 79**

#### *Diseño de Conexión de Acero Estructural*



*Fuente. Tekla.com*

### **Fabricantes de concretos prefabricados**

La información de Tekla les permite a los fabricantes producir y entregar todo tipo de elementos de concreto prefabricado en el momento y en el lugar indicados, de la forma más efectiva.

El software Tekla aumenta todo el flujo de trabajo con concreto prefabricado, desde la cotización hasta la entrega final. Las soluciones alternativas de presentación y las visualizaciones en 3D les permiten a los fabricantes de concreto prefabricado obtener ofertas más rentables y exitosas.

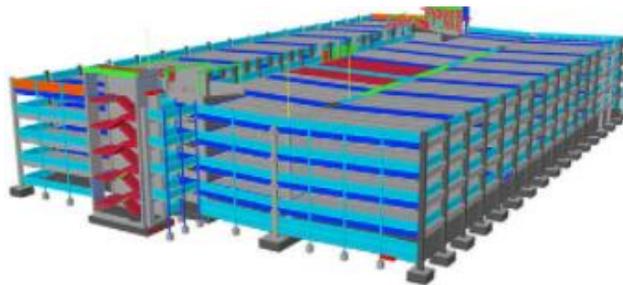
Puede realizar el detallado de todo tipo de estructuras, gestionar la fabricación, planificar el montaje y encontrar problemas potenciales antes de la fabricación. Tekla integra el diseño y el detallado con la administración del proyecto y la fabricación: el software interactúa con sistemas de administración de la producción (Planificación de Recursos Empresariales [Enterprise Resource Planning, ERP]) y con maquinarias de automatización. Para mejorar la comunicación, los fabricantes de concreto prefabricado, de varillas de refuerzo y de acero pueden comunicarse con los contratistas y coordinar sus producciones con las operaciones en la obra a través de Trimble Connect. Todos se mantienen informados.

### **Cualquier proyecto de concreto prefabricado**

Con Tekla Structures, puede crear cualquier tipo de proyecto estructural prefabricado, ya sea comercial, público o industrial, incluso estructuras especiales. Aquí hay un ejemplo de un proyecto:

#### **Figura 80**

*Estructura de Estacionamiento Parkhaus II Sengenthal (Alemania)*



*Fuente: Tekla.com*

## **Fabricantes de varillas de refuerzo**

Modelado para la producción y el ensamble eficiente de varillas de refuerzo.

Trabajar con el software de Tekla es una forma más inteligente y eficiente de detallar y fabricar barras de refuerzo. La comunicación mejorada del diseño, la coordinación y la transferencia de información permiten un ensamblaje más rápido de la armadura y una construcción más productiva de estructuras de concreto armado.

El software Tekla hace que producir y ensamblar varillas de refuerzo sea más fácil.

- Detalle hasta las varillas de refuerzo más complejas
- Administre la fabricación
- Planifique la colocación
- Detecte problemas potenciales antes de la fabricación
- Obtenga ofertas más rentables

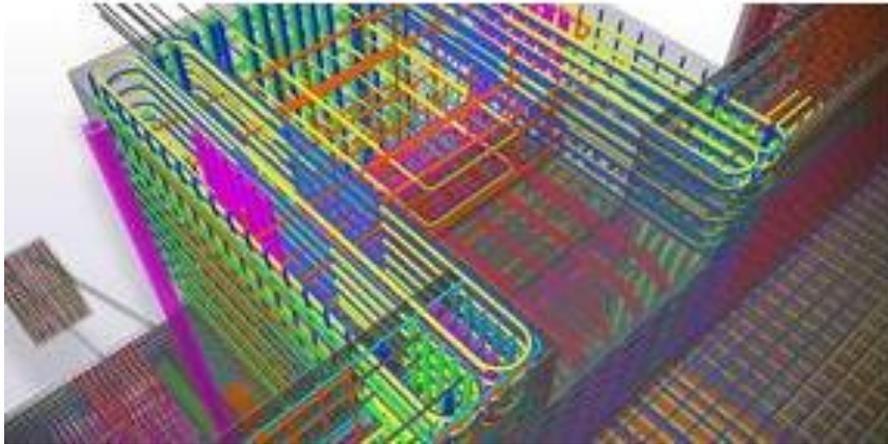
Con Tekla, puede ingresar al flujo de trabajo de BIM de la industria de la construcción, comunicar soluciones con visualización y presentar soluciones alternativas y evitar remodelaciones costosas. Bienvenido los plazos de entrega más cortos.

Tekla integra el diseño y los detalles con la administración del proyecto y la fabricación: el software interactúa con sistemas de administración de la producción y con maquinarias de automatización. Puede generar planos y programas de cimbrado, elevación y colocación.

Tekla, les permite a los fabricantes de varillas de refuerzo colaborar con los contratistas y subcontratistas.

**Figura 81**

*Varilla de Refuerzos en 3D.*



*Fuente: Tekla.com*

**Figura 82**

*Fabricación de Varillas de Refuerzo*



*Fuente: Tekla.com.*

## **Ingeniería de puentes**

Tekla Structures es una solución inteligente y paramétrica de Modelado de Información de Puentes (BrIM por sus siglas en inglés) para lograr un diseño construible para todos los tipos, tamaños y materiales de puentes.

### **Para todo tipo de puentes o estructuras civiles**

Un puente es una estructura diseñada para cargar una carretera, vía férrea, vía fluvial, tuberías, peatones/ciclistas o vida silvestre sobre una carretera, vía férrea, río u otros obstáculos como valles.

Se considera a Tekla Structures la mejor y más eficiente solución de Modelado de Información de Puentes (BrIM) en el mercado. Esto se debe al enfoque de modelo construible, las herramientas y procedimientos colaborativos. Con Tekla Structures podrá entregar cualquier tipo de puente o estructura civil:

- Puentes de vigas o de cajones
- Puentes colgantes
- Puentes en arco
- Puentes voladizos
- Puentes suspendidos
- Puentes atirantados
- Pasos a desnivel o alcantarillados
- Cualquier tipo de soporte de pared o muro de contención

### **Figura 83**

### *Ingeniería de Puente.*



*Fuente: tekla.com.*

Tekla Structures le permite entregar puentes construibles con los siguientes materiales:

- Concreto
- Acero
- Concreto prefabricado
- Madera

### **Proyecto de plataformas marinas**

Con el software Tekla, puede aumentar su productividad, ya que reducirá los tiempos de modelado y aumentará la automatización de la fabricación. Puede vincular el modelo con la maquinaria y con la administración del proyecto. Sus modelos de Tekla representan la verdadera estructura detallada as-built.

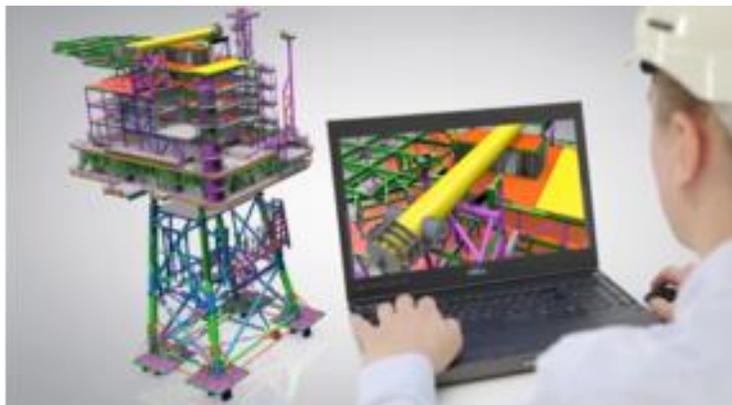
El software maneja todo tipo de estructuras, hasta las más grandes. Todo en un proyecto de Plataforma Marítima se ajusta a un modelo de Tekla: visualización 4D, tuberías, soldaduras y tornillos, peso de la estructura, posición del centro de gravedad, sustentabilidad y probable desmantelamiento.

Tekla le permite identificar y corregir posibles conflictos con el equipo de procesamiento, los cables y las rutas de acceso. Solucionando conflictos durante la fase de diseño, se podrá ahorrar tiempo y recursos durante la fase de construcción.

Tekla es un software listo para usarse, pero puede modificarlo si lo desea. El software incluye una biblioteca de conexiones estándar o componentes personalizables, y permite ajustar el detallado y la conexión automatizada del modelo a través de las reglas personalizables.

### **Figura 84**

*Proyecto de Plataformas Marinas.*



*Fuente: tekla.com*

**Instituciones educativas**

La transición de la educación al mundo laboral suele ser un reto y una posibilidad para un joven graduado. Para facilitar este paso, Tekla ofrece a todas las instituciones educativas el programa disponible de licencia educacional. El programa les brinda a los estudiantes bases firmes para aprender y capacitarse con el software de Modelado de Información para la Construcción (Building Information Modeling, BIM) de Tekla Structures.

En la industria de la construcción se utilizan cada vez más herramientas para el modelado en 3D, y la licencia educativa del software Tekla permite enseñarles a los estudiantes el valor del Modelado de Información para la Construcción en 3D Construibles. Con Tekla Structures, los estudiantes pueden desarrollar cada etapa de un proyecto de diseño, desde el diseño conceptual hasta el final del montaje y la planeación de la construcción. Los estudiantes descubren la importancia de la colaboración y los beneficios de compartir la información del proyecto desde el comienzo.

Tekla les ofrece a los estudiantes un componente vital de aquello que necesitarán cuando ingresen al mercado laboral y que los posicionará rápidamente en la productividad de la vida real.

### **Figura 85**

*Instituciones Educativas.*



*Fuente:* Tekla.com

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

Ingresé a la empresa AASS. Como practicante en el año 2010 después de haber egresado de la institución CAPECO, donde culmine mi carrera técnica en construcción civil, ganando experiencia gracias a la participación en varios trabajos, después fui trasladado a una empresa externa llamada IDUNI que realizaba los mismos trabajos para Aceros Arequipa. Ya en el 2015 nuevamente ingrese a AASS. Como analista 03 realizando funciones de metrados y dibujos de planos de despiece en distintas obras adquiriendo experiencia y conocimiento a medida que se culminaba cada obra. Es para el año 2018 que fue creada una empresa subsidiaria llamada TSC INNOVATION, donde comenzó a funcionar toda el área de ingeniería, ingresando ya como analista 01, teniendo a mi cargo la realización de las gestiones de obras hasta el día de hoy laborando un poco de forma remota y poco común por la coyuntura que se está viviendo actualmente.

El proyecto se desarrolla en un terreno de 1,213.52m<sup>2</sup>, propiedad de Viviendas del Perú SAC, ubicado en avenida Tomás Marsano 1647, en el distrito de Surquillo, Lima. Es un edificio multifamiliar de 169 departamentos distribuidos en 20 pisos y azotea con estacionamiento para 157 autos ubicados entre el piso 1, semisótano y cuatro sótanos. El área construida total del proyecto es de aproximadamente 20,440.00m<sup>2</sup>.

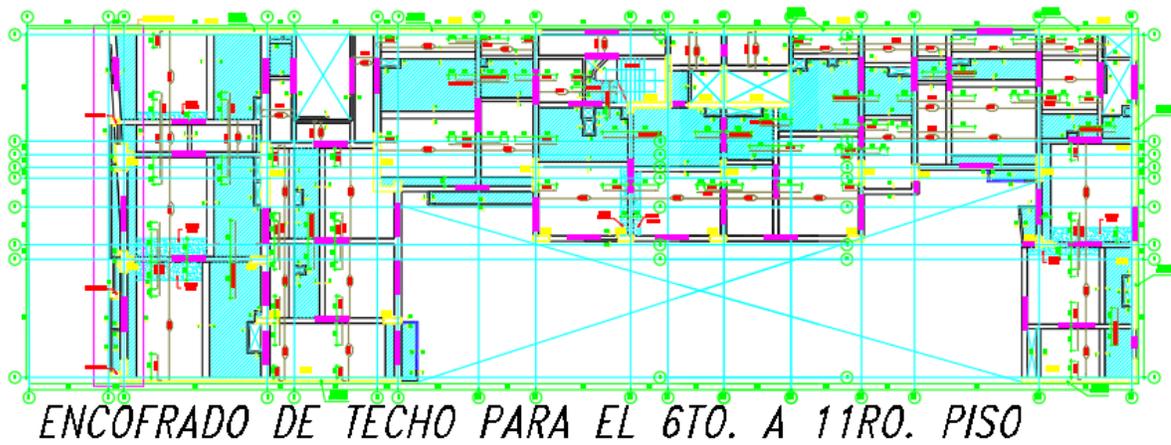
#### **Etapas 01 Descripción del proyecto.**

La idea rectora del proyecto es crear un edificio que desarrolle viviendas con gran calidad residencial, aprovechando al máximo el área libre resultante para que todos los departamentos se integren directamente al espacio libre de la edificación y el entorno. Esta condición ha sido determinante para interpretar de la mejor manera los parámetros reglamentarios de la

Municipalidad de Surquillo. La altura máxima de 20 pisos más azotea ha sido equilibrada al interior con un gran espacio libre de más de 34m de largo, permitiendo que todos los departamentos interiores se desarrollen con amplitud y perfectamente iluminados. Este espacio libre, concebido como un gran jardín y áreas de esparcimiento común y privadas, se encuentra en el nivel +1.50, con la solución estructural que permita mantener el mismo nivel en todo este espacio común.

### Figura 86

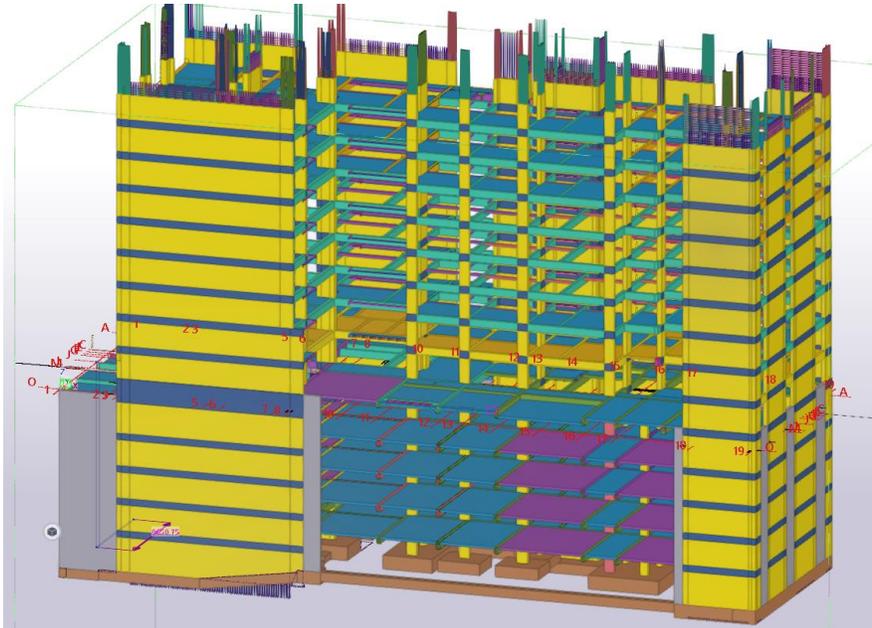
#### *Plano de Encofrados*



*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 87**

*Modelado Bim.*



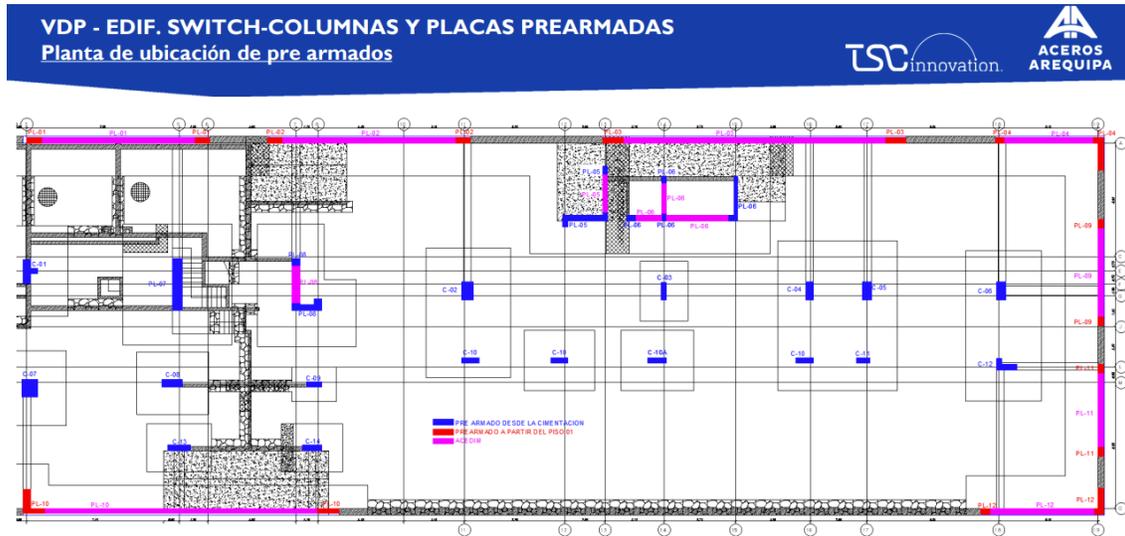
*Fuente: Elaboración propia*

## **Etapa 2 Implementación y Prearmado.**

- **Primera reunión (virtual)**, se realizó la primera reunión con el cliente donde se define que columnas y placas que se enviara como prearmado a la obra.

**Figura 88**

*Planta de Ubicación*



*Fuente: Elaboración propia*

Se presenta una planta de ubicación, resultado de un análisis para poder definir que estructuras se atendió como prearmado y como acedim.

Las estructuras que no son prearmados se deben a que no pueden ser transportados o exceden el tonelaje de la grúa de obra.

- **Revisión de planos**, se revisó los planos de estructuras en AutoCAD para poder verificar si contamos con todos los requisitos para poder realizar el prearmado.
- **Generación de consultas**, una vez revisado los planos, se encontraron consultas que se comparte con el cliente a través de un Log de consultas.

Es un archivo vivo que una vez que el cliente brinda la respuesta, automáticamente se pueden visualizar todos los involucrados.

**Figura 89**

*Log de Consultas*

*Fuente: Aceros Arequipa*

- **Generación de control**, se genera un control donde se realiza el desglosé de toda la obra el desglose de da por estructuras, niveles, sectores y tipos.

También se llena las fechas de entrega de cada estructura solicitada en el look ahead del cliente.

Tener actualizado el control es un importante ya que permite generar el entregable para poder cargar los despachos al stell track.

**Figura 90**

*Control de Ingeniería*

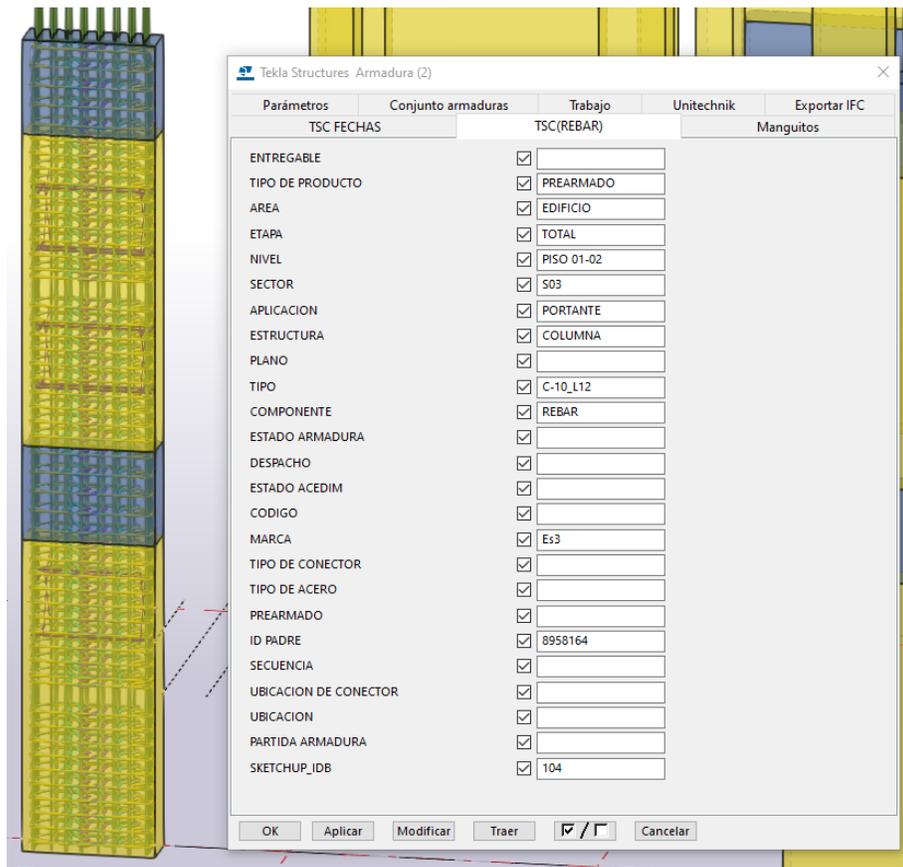
*Fuente: Aceros Arequipa*

- **Modelado de estructuras con tekla structures** , para el modelado de las columnas primero se modela el concreto del prearmado de 2 niveles siempre respetando las alturas de los planos de arquitectura e estructuras.

Se colocan los atributos al concreto para poder ubicar el despiece.

**Figura 91**

*Concreto de la Columna Prearmada con sus Atributos*

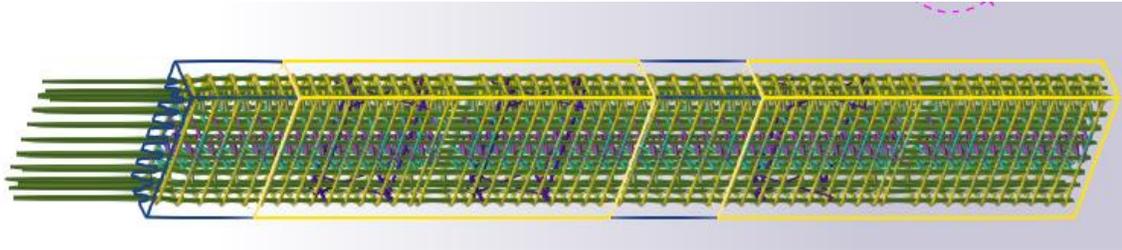


*Fuente: tekla structure*

Luego se añade el acero al concreto.

### Figura 92

*Columna Prearmada de 2 Niveles modelado en Tekla Structure*



*Fuente: tekla structure*

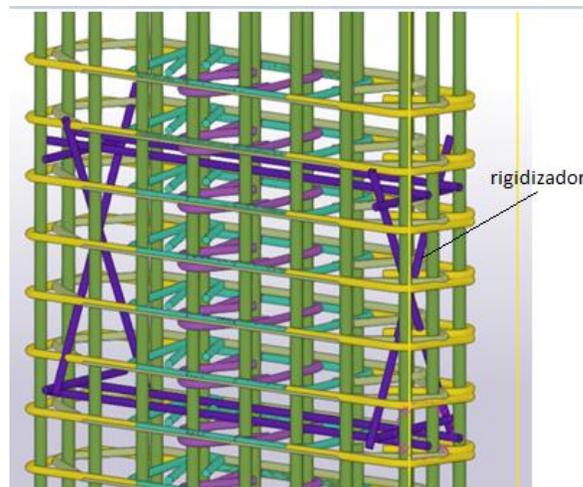
Para el prearmado se tiene que tener en cuenta lo siguientes criterios para poder ser mucho más fácil el instalado.

Se envió los traslapes al 100% con las mechas grifadas para que cuando llegue el siguiente nivel, el acero calce en la zona donde corresponda sin tener dificultad.

Se colocaron rigidizadores para el prearmado para poder ser transportado.

### Figura 93

*Modelado de Rigidizadores*



*Fuente: tekla structure*

- **Fabricación**, una vez de haber terminado el modelado de la columna, se extrae el despiece, se coloca el número de despacho para la columna y se procede a cargar los despachos al stell track.

Luego se procede cargando los despachos en el armaplus.

**Figura 94**  
*Despiece para Fabricación*

DESP	IMP O	ENTREGABLE	PLANO/ACEROS	AREA	ETAPA	NIVEL	SECTOR	APLICACION	ESTRUCTURA	TPO	CANT DE ELEM	PIEZA	FORMA	RADIO	a	b	c	d	e	f	g	h	i	ALFA	BETA	GAMA	CANT X ELEM
9445	435	38		EDIFICIO	TOTAL	AZOTEA	88	COBERTURA	YGA	VAR	1	E1	610	0.020M	0.084	0.028	0.084										23
9445	435	38		EDIFICIO	TOTAL	AZOTEA	88	COBERTURA	YGA	VAR	1	I1	100	0.050M	0.084												1
9445	435	38		EDIFICIO	TOTAL	AZOTEA	88	COBERTURA	YGA	VAR	1	I2	100	0.040M	0.084												1
9445	435	38		EDIFICIO	TOTAL	AZOTEA	88	COBERTURA	YGA	VAR	1	L1	100	0.040M	0.084												6
9445	435	38		EDIFICIO	TOTAL	AZOTEA	88	COBERTURA	YGA	VAR	1	S1	100	0.050M	0.084												1

Fuente: Aceros Arequipa

**Figura 95**  
*ARMAPLUS*

Word	Creacion estudio precio	Creación de un pedido	Digitación rápida del contrato	Búsqueda en la consulta	Purchase items copy			
Jobsite status	N° consulta	N° de obra	Nombre de la obra	Código postal	Ciudad	Código país	Latitud	Lon
Ganado	1060	1058	VDP - PREARMADOS EDIF. SWITCH	15	LIMA	PE	0.0000000	0.0

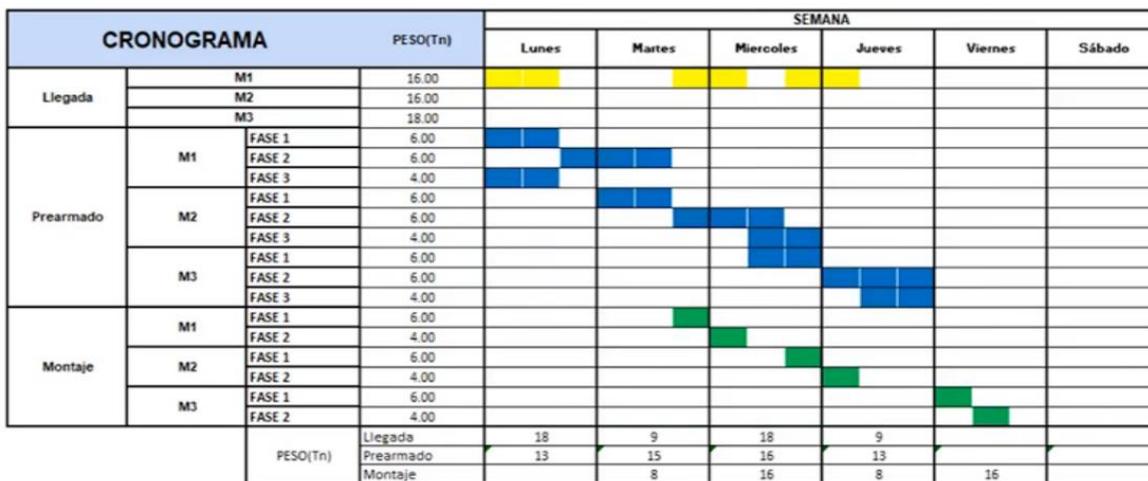
Fuente: Aceros Arequipa

### Etapa 3 Planificación de Entregas.

- **Look ahead**, el cliente envió su programación semanal de avance de obra y en base a ello se programa él envió de las columnas prearmadas.
- **Limitaciones de torre grúa**, el cliente me indicó que la torre grúa solo levanta 1.5 tn, en base a ello se realizó el diseño del prearmado.

**Figura 96**

*Cronograma de entregas*



Fuente: Elaboración propia.

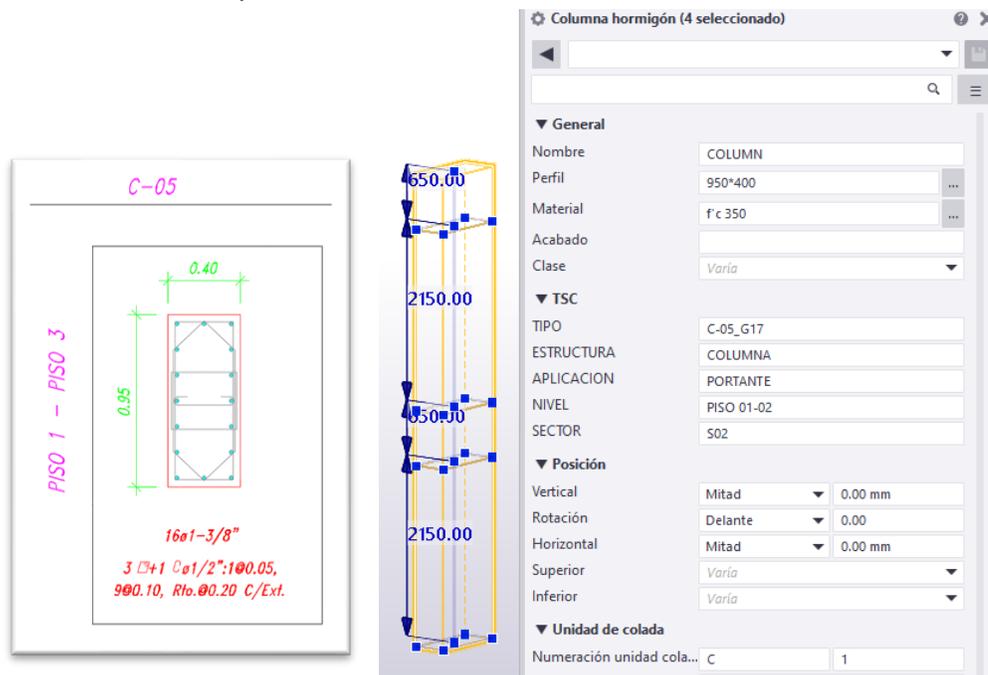
### Etapa 4 Metrado de prearmado de columnas.

Para el proyecto contaba con 39 canastillas pre armadas, de lo cuales hemos elegido una columna para realizar el metrado de acero.

- Se compatibiliza el plano de estructuras con arquitectura luego se revisa el plano de, especificaciones técnicas, cuadro de columnas y planos de encofrados de techos.

**Figura 97**

*Cuadro de Columna y Niveles del Modelo.*



*Fuente: tekla structure*

Según la figura 97 se puede apreciar que el cuadro de columna para el piso 1 y 2 lleva 16 fierros de 1-3/8”, como sabemos que la altura de la luz libre es 2.15 x 2 más el peralte de la viga 0.65x 2 sería un total de 5.60 a ello sumado la longitud de empalme de 2m da un total de 7.60m.

Para el cálculo del estribo, se tiene las dimensiones de la columna de 0.40x0.95, descontamos el recubrimiento de 4cm y estaríamos obteniendo un estribo de 0.32x0.87 con un gancho de 15 con diámetro de 1/2”.

Para el cálculo de las cantidades de estribos se determina utilizando la cocada mostrada en el cuadro de columna, para este caso el 1 a cada 0.05, 9 a cada 10 y resto a cada 0.20 cada extremo.

Finalmente tenemos 26 estribos por nivel que multiplicado por los 2 niveles hacen un total de 52 estribos más los 10 estribos que se envían en la zona del traslape haría un total de 62 estribos.

A continuación, se muestra la lista de despiece, extraído del modelo en lo cual se puede observar que para la columna prearmada de 2 niveles tiene un peso de 1.424 Tn.

### Figura 98

*Lista de Despiece de Metrado de la columna C-05-G17 de 2 niveles.*

LISTA DE DESPIECE																		
NIVEL	ESTRUCTURA	TIPO	CANT. DE ELEM.	PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	f	CANT. X ELEM.	DIAM	LONGITUD	TOTAL			
PISO 01-02	COLUMNA	C-05_G17	1	bEs2	610	0.32M	0.87M	0.15M					62	1/2"	2.68M	165.163Kg		
			1	bEs3	610	0.34M	0.32M	0.15M						61	1/2"	1.62M	98.227Kg	
			1	bEs3a	610	0.33M	0.30M	0.15M						1	1/2"	1.56M	1.551Kg	
			1	bEs4	657	0.59M	0.22M	0.22M	0.59M	0.15M	0.87M			61	1/2"	2.36M	143.096Kg	
			1	bEs4a	657	0.58M	0.21M	0.21M	0.58M	0.15M	0.84M			1	1/2"	2.30M	2.286Kg	
			1	bR1a	100	0.32M									8	1/2"	0.32M	2.545Kg
			1	bR1b	100	0.87M									8	1/2"	0.87M	6.918Kg
			1	bR1c	100	0.60M									8	1/2"	0.60M	4.771Kg
			1	bTr1	616	0.15M	0.32M	0.15M	0.14M	0.10M	0.14M				61	1/2"	0.62M	37.593Kg
			1	bTr1a	616	0.15M	0.30M	0.15M	0.14M	0.09M	0.14M				1	1/2"	0.60M	1.000Kg
			1	bV2E	100	7.60M									16	1 3/8"	7.60M	961.491Kg
															288		TOTAL	1424.642Kg

1

*Fuente: Aceros Arequipa*

Entonces pudimos determinar en base a los metrados realizados, que para el edificio switch de 20 pisos, se suministró 233 toneladas en prearmado y como ACEDIM se suministró 109 Tn.

**Figura 99**
*Resumen de Metrado de prearmado.*

AREA	NIVEL	APLICACION	ESTRUCTURA	PRODUCTO	Total
EDIFICIO	PISO 01-02	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	12.026
EDIFICIO	PISO 01-02	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	11.772
EDIFICIO	PISO 03	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	0.210
EDIFICIO	PISO 03-04	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	14.498
EDIFICIO	PISO 03-04	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	9.272
EDIFICIO	PISO 05-06	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	13.385
EDIFICIO	PISO 05-06	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	7.620
EDIFICIO	PISO 07-08	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	14.305
EDIFICIO	PISO 07-08	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	7.005
EDIFICIO	PISO 09-10	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	12.754
EDIFICIO	PISO 09-10	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	6.899
EDIFICIO	PISO 11-12	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	13.211
EDIFICIO	PISO 11-12	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	6.818
EDIFICIO	PISO 13-14	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	11.630
EDIFICIO	PISO 13-14	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	6.277
EDIFICIO	PISO 15-16	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	10.929
EDIFICIO	PISO 15-16	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	6.254
EDIFICIO	PISO 17	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	2.030
EDIFICIO	PISO 17-18	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	10.102
EDIFICIO	PISO 17-18	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	2.377
EDIFICIO	PISO 18	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	1.711
EDIFICIO	PISO 19	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	4.045
EDIFICIO	PISO 19	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	2.892
SOTANO	SOTANO 01-SS	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	15.465
SOTANO	SOTANO 01-SS	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	6.352
SOTANO	SOTANO 03-02	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	10.705
SOTANO	SOTANO 03-02	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	5.243
SOTANO	SOTANO 04	PORTANTE	COLUMNA	PREARMADO	4.716
SOTANO	SOTANO 04	PORTANTE	PLACA	PREARMADO	2.979
				<b>TOTAL</b>	<b>233.48</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## Figura 100

RESUMEN DE METRADO (en toneladas)

Suma de TOTAL TN	
PRODUCTO	Total
ACEDIM	431.319
PREARMADO	233.482
<b>TOTAL</b>	<b>664.801</b>

Fuente: Elaboración propia

En ese sentido la obra a sido beneficiado para tener un control por partida de acero de cada estructura.

También se llegó a demostrar que el producto prearmado y acedim es muy beneficioso.

### Etapa 5 Rendimiento de ejecución.

**Rendimiento de columnas prearmada de 2 niveles,** se realizó mediciones de tiempos para instalado de columnas prearmadas, en lo cual se determinó que 4 operarios se demoran hincar una columna prearmada en un tiempo promedio de 17 min.

**Rendimiento de instalación de columna de 2 niveles con varillas de 9m,** cuando la planta de fabricación tuvo problemas para el suministro de acero dimensionado, se habilito en obra con varillas de 9m, donde se midieron el tiempo para el doblado, armado e instalado de una columna con 6 operarios en un tiempo promedio de 6 horas.

Luego de la instalación se pudo observar retazos de acero que forman parte de la merma de la obra que si no encuentra donde reubicar esas piezas estaría generando perdida para el cliente.

**Rendimiento de instalación de columna de 2 niveles con acero dimensionado,** se determinó que 4 operarios le toman 2.20 horas armar e instalar una columna con acero dimensionado.

Luego de la instalación se pudo observar que el acero dimensionado no genera merma.

**Rendimiento de Viga con acero dimensionado**, se midieron los tiempos para instalar una viga de 3 tramos con acero dimensionado y resulta que 4 operarios arman e instalan la viga el tiempo de 3.3 horas.

**Rendimiento de instalación de losa Maciza con acero dimensionado**, se midieron los tiempos de instalación de losa maciza con acero dimensionado y se determinó que 4 operarios pueden instalar una losa maciza 200 m<sup>2</sup> en un tiempo de 6 horas.

Finalmente trabajar con el producto prearmado es mucho mas ventajosa para poder minimizar los tiempos para la partida de acero en obra y se trabaja en un ambiente ordenado, ya que el prearmado no genera mucho espacio para el almacenamiento.

### **Elaboración del Manual del uso del tekla structure para el proceso del prearmado.**

A continuación, se presenta el índice:

Introducción .....	142
Propiedades básicas de las armaduras.....	142
Trabajar con armaduras.....	149
Armaduras para cimentaciones.....	155
Armaduras, grupos de armaduras y mallas.....	181

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Para el **primer objetivo**, se puede apreciar dentro de las ventajas del prearmado, el de minimizar los tiempos en la instalación de la partida de acero dimensionados, aplicando el software Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021, en donde se puede apreciar un metrado con precisión, anticipa las interferencia en el proceso del modelado, minimiza en obra las horas de instalación de la partida de acero disminuyendo la instalación de 235 horas con el sistema convencional frente al sistema prearmado a 11.05 horas según se indica en la tabla 01.

Tabla 1

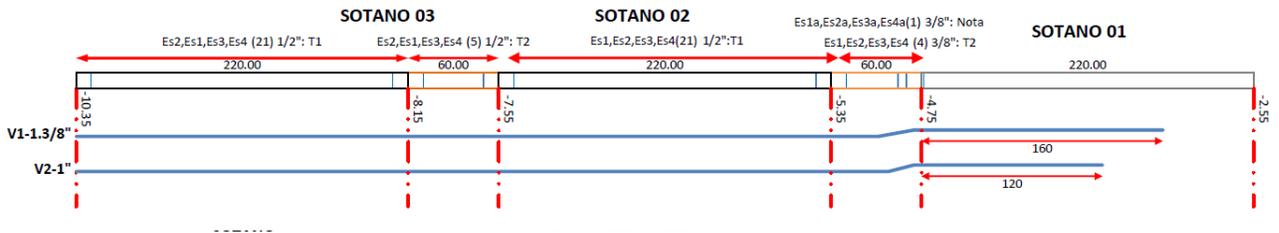
### *Sistemas*

Sistema Convencional			Sistema Pre Armado			Variación en tiempo
Metrado	Rendimiento	tiempo	Metrado	Rendimiento	tiempo	
39	6 hrs/col	235 hrs.	39	17 min/Col	11.05 hrs	224 hrs.
columnas						

Tekla Structure nos ofrece mejoras cada año, con nuevas características que permiten flujos de trabajo eficientes para una mejor productividad, mayor movilidad y colaboración entre los equipos de proyecto, los cuales brinda lo siguiente:

**Figura 101**

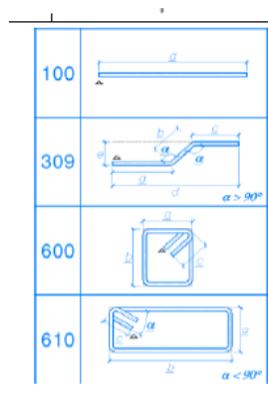
*Sótano*



Asimismo, el Tekla Structure ayuda a aplicar la distribución de los estribos, así como también aplica la norma E.060 de concreto armado para no tener falencia al momento de ser evaluadas.

**Figura 102**

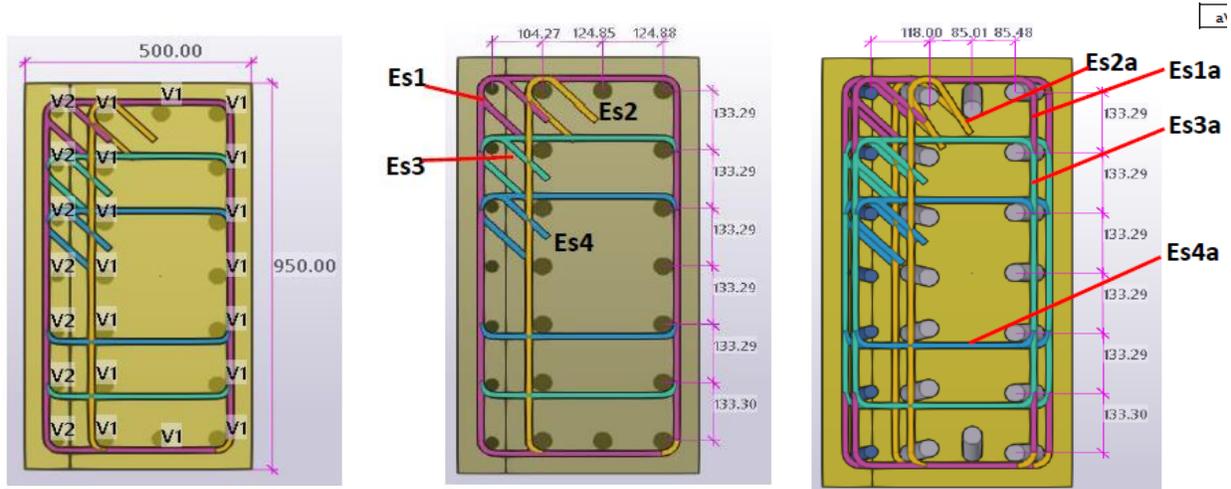
*Tipos de Estribo*



De igual forma, la distribución de estribo esta enumerada y distribuida según norma, el Tekla Structure no solo brinda la distribución de estribos y tipo de acero que se debe utilizar, sino también lo modela en 2D para poder apreciar todo lo que se tiene que realizar.

**Figura 103**

*Distribución de Acero*

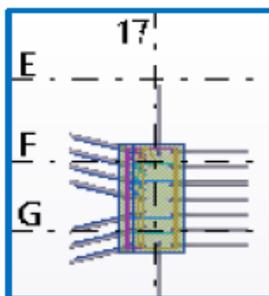


También, el software brinda la ubicación de la estructura que se está detallando la ubicación y la distribución o tipos de cocada como también realiza acotaciones de como empezar y terminar el pre armado.

**Figura 104**

*Distribución y acotación*

**NOTA:**  
**LOS ESTRIBOS**  
**Es1a, Es2a, Es3a, Es4a**  
**SE COLOCAN DESPUÉS**  
**DEL GRIFADO**



**UBICACIÓN**

**TIPOS DE COCADA**

T1 01@05.0,07@10.0,Rto@25.0

T2 01@05.0,Rto@15.0

Finalmente con este procedimiento anterior indicado se ha determinado que las ventajas del producto prearmado son:

- Minimizar tiempos para la instalación de partida de acero.
- Reducir costos para el cliente en varios aspectos como:

Reducir operarios para el doblado y armado de los refuerzos.

Anticipar la interferencia o incongruencias presentadas en los planos.

Para el **objetivo 2**, se realizó el metrado mediante el software Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, Surquillo - Lima 2021, como se muestra en la tabla 99 el cual permite tener una idea de cuanta merma se ha evitado con solamente haber elegido trabajar con el producto prearmado y acedim.

De esta manera queda demostrado Permitiendo el cliente ahorro un total de 66 toneladas después de haber culminado todas las partidas

**Tabla 2**

*Suma Total de TN*

Suma de TOTAL TN	
PRODUCTO	Total
ACEDIM	431.319
PREARMADO	233.482
<b>TOTAL</b>	<b>664.801</b>
<b>Merma</b>	<b>66.4801</b>

Para el **objetivo 3**, se elaboró el manual que permite el modelado del refuerzo de acero, para poder exportar las piezas a una planilla y poder facilitar el envío a producción, logrando de esta manera acelerar el proceso de modelado de las estructuras a prearmadas.

El manual en el detalle fue elaborado en la etapa 6 y se encuentra en el anexo 11.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- En el presente trabajo dimensionados aplicando Tekla Structure para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos, se ha determinado las siguientes ventajas; presenta una plataforma amigable mejorando el control, Permite un modelado más fácil a través de formas complejas, mejora la productividad, se logra un metrado con precisión, anticipa las interferencia en el proceso del modelado, minimiza en obra las horas de instalación de la partida de acero disminuyendo la instalación de 235 horas a 11.05 horas según se indica en la tabla 01.
- En el trabajo se realizó el metrado de prearmado y acedim mediante la software tekla structures determinándose que el peso suministrado de acero a obra es 664.801 TN. entre prearmado y acero dimensionado, demostrando de esa manera que el cliente ahorro un aproximado de 66 toneladas en merma, según se indica en la tabla 02.
- Se ha elaborado el manual para el prearmado de acero dimensionado aplicando Tekla Structure, permitiendo con esta herramienta el diseño detallado, despiece preciso de cada una de las estructuras, también nos permitió identificar interferencias antes de ser construido y así evitar reprocesos en la obra, el manual se encuentra desarrollado en el anexo 11.
- Se realizó el procedimiento de la implementación y prearmado de acero dimensionado aplicando el tekla structures, permitiendo mejorar la capacidad de visualización de la estructura en 3 dimensiones y brindar confianza al cliente para poder validar la fabricación de los prearmados, asimismo se logró disminuir el metrado de acero en la obra y reducir el tiempo en la habilitación y colocación de la partida de acero.

## CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- En el detallado de los elementos del prearmado se deben considerar un traslape al 100%, ya que al realizarlo alternado complica la instalación.
- Siempre se debe tener en cuenta el tonelaje que levanta la grua de obra para poder realizar el diseño de los prearmados en base al tonelaje indicado por obra.
- En la etapa de diseño de los prearmados se debe tener en cuenta que la geometría de las canastillas puedan ingresar en los camiones para poder ser transportados.
- Seguir a detalle, el manual para el prearmado de los aceros dimensionados ya sea para cualquier parte de la estructura utilizando el Tekla Structure.
- Usar el software de Solidwork u otro programa en 3D para verificación de pesos en acero (kg) y áreas (m<sup>2</sup>).
- El software Tekla Structures debe ser implementado en las empresas del sector construcción metalmecánicas sin importar el tamaño de ésta como una estrategia de mejora de la gestión en los procesos de diseño y construcción.
- Se debe determinar el nivel de detalle final deseado en el modelo teniendo en cuenta la información que se requiere almacenar en él y las habilidades en el manejo de las herramientas de las personas que efectúan la modelación. Niveles altos de detalle requieren conocimientos avanzados en el manejo de software
- El uso de softwares que sean compatibles para la importación y exportación de archivos, reportes e informes con el software Tekla Structures.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amnedola Smith, L. (2002). Modelos mixtos de confiabilidad. Valencia-España: McGraw-Hill.
- Carrasco Díaz, S. (2015). Metodología de la Investigación Científica. Lima: San Marcos.
- Ccanto Mallma, G. (2010). Metodología de la Investigación Científica en Ingeniería Civil. Lima: Gerccantom.
- Construsoft. (2009). Tekla Structures Detallado Acero(Steel Detailing) Modelado. Barcelona: Teckla Coporation.
- Derrick Corporation. (2010). Manual de Funcionamiento y mantenimiento Stack Sizer. Nueva York: Derrick Corporation.
- Duarte, J. L. (10 de 03 de 2010). Universidad de Simon Bolivar-Biblioteca USB. Obtenido de Universidad de Simon Bolivar-Biblioteca USB: <http://159.90.80.55/tesis/000155433.pdf>
- Espinoza Montes, C. A. (2014). Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas (Segunda ed.). Huancayo, Perú: Soluciones Gráficas S.A.C.
- Paredes, J. C. (12 de 03 de 2015). Universidad Privada Antenor OrregoRepositorio. Obtenido de Universidad Privada Antenor Orrego-Repositorio: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/625>
- Tomas, J. D. (2012). Monografias.com. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos94/elaboracion-planos-fabricacion-y-montaje-utilizando-tekla-structures/elaboracion-planos-fabricacion-y-montajeutilizando-tekla-structures.shtml>

TUNING América Latina. (2007). Reflexiones y perspectivas de le educación superior en América

Latina. Informe final -Proyecto Tunning- América Latina 2004-2007. España: Paraninfo.

UBC Aceros Estructurales. (2010). Manual de Detallamiento Ingenieria UBC. Lima: UBC Aceros Estructurales.

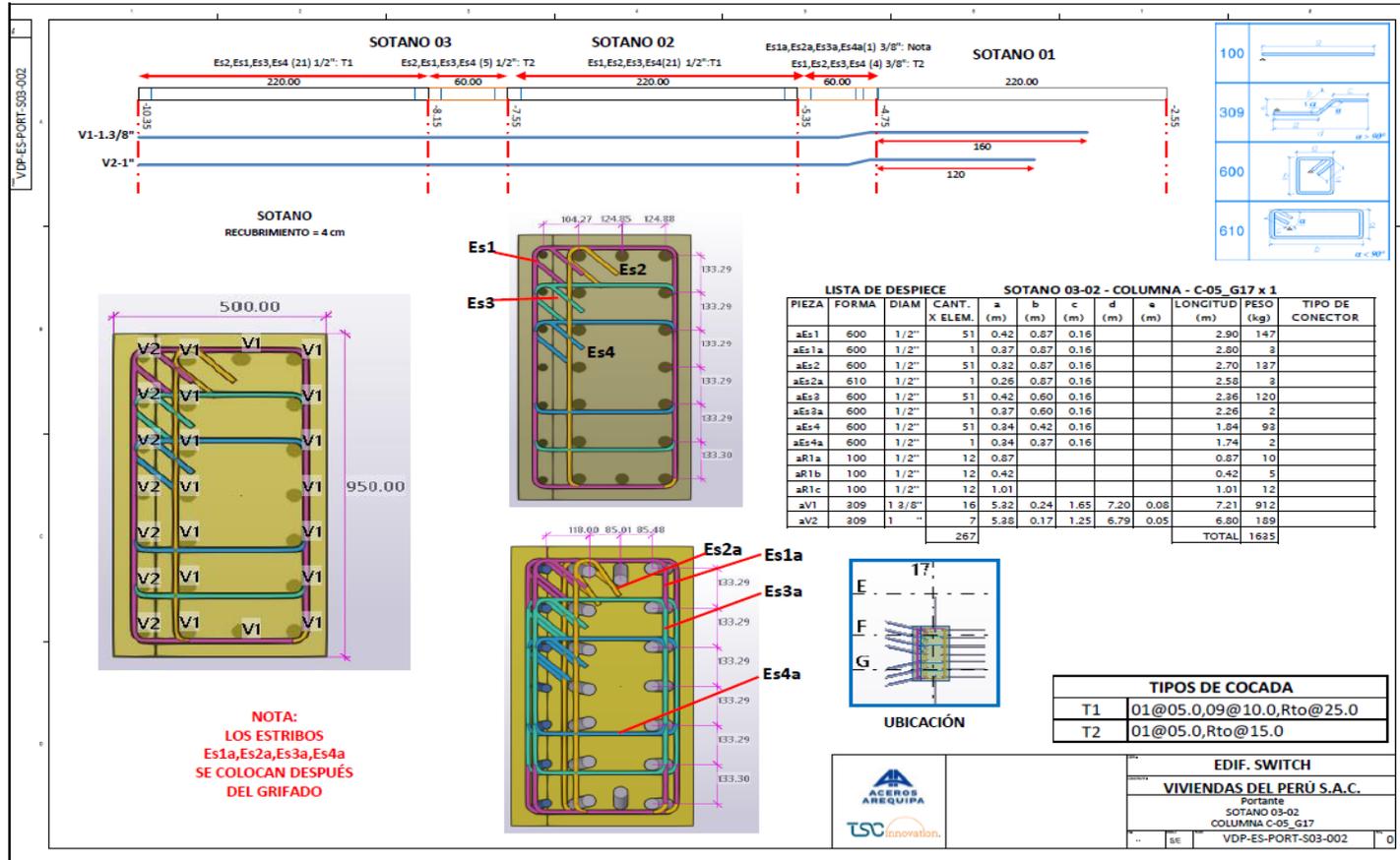
Ulloa Román, K., & Salinas Saavedra, J. (11 de 2013). “MEJORAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN LOS PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA EMPRESA MARCAN”. Obtenido de:<http://files.figshare.com/2122272/TesisSalinas112.pdf>

**ANEXOS**

**Anexo 01.**

**Figura 105**

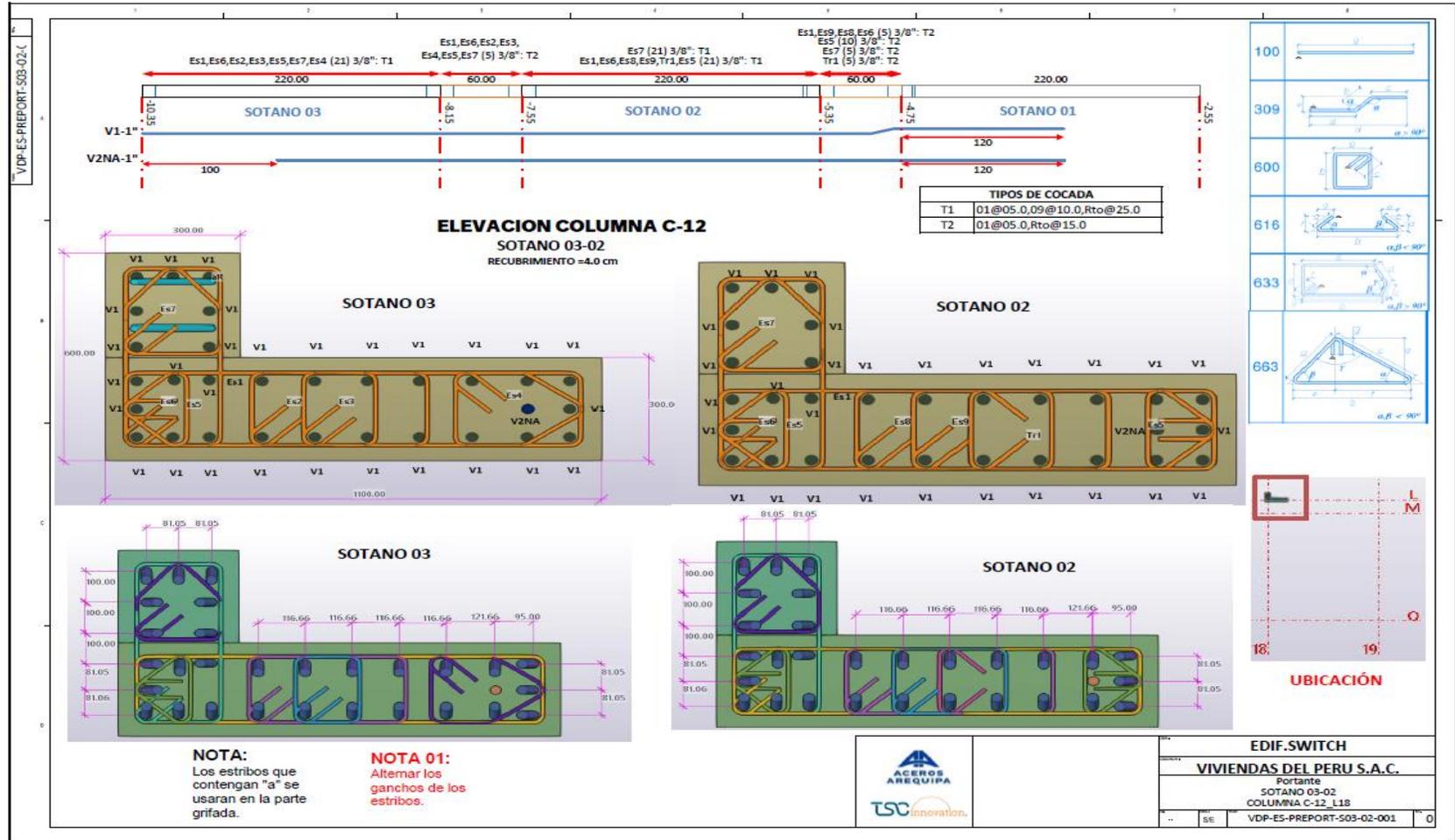
*Detalles del Sótano*



Anexo 02.

Figura 106

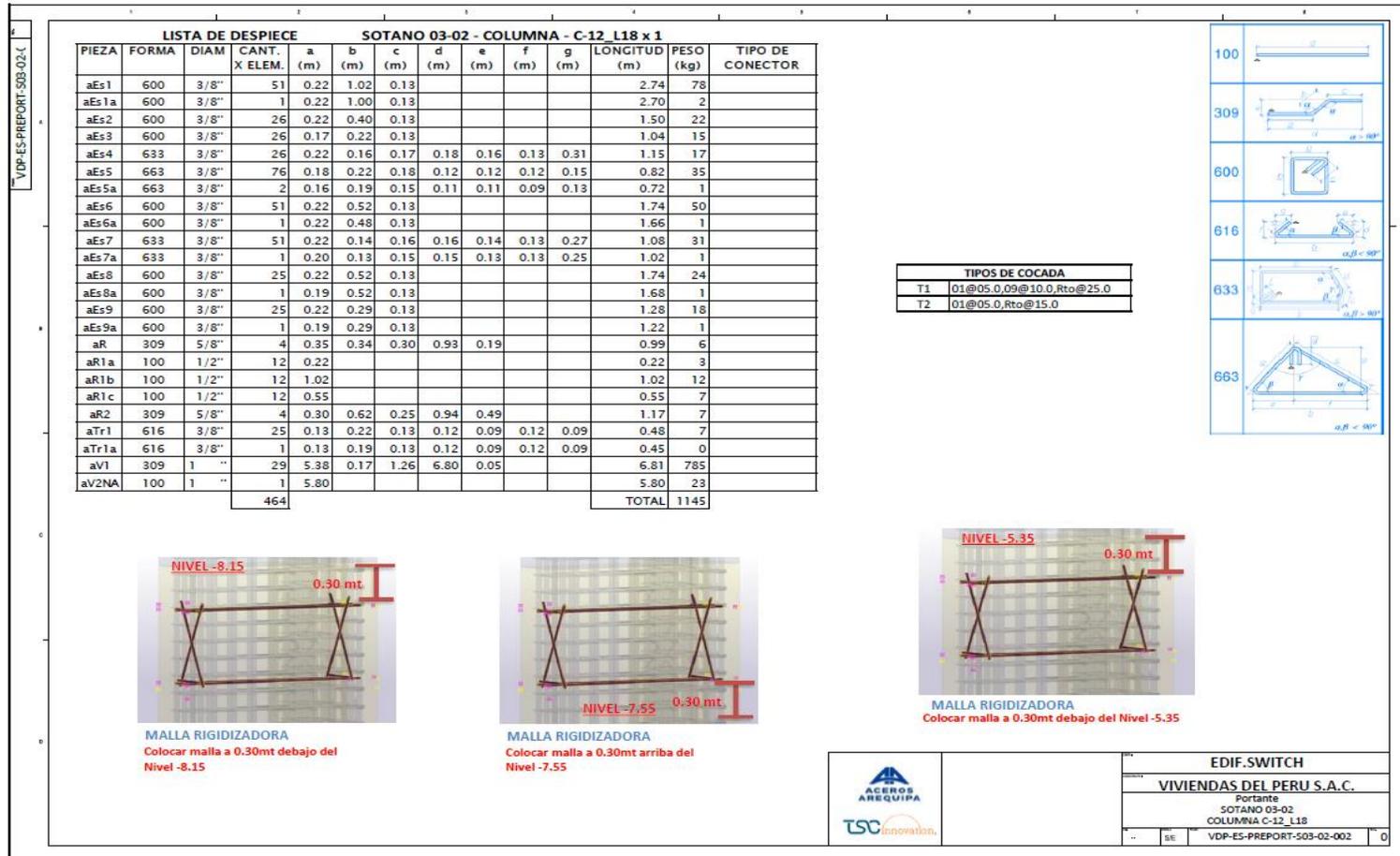
Elevación Columna C-12



Anexo 03.

Figura 107

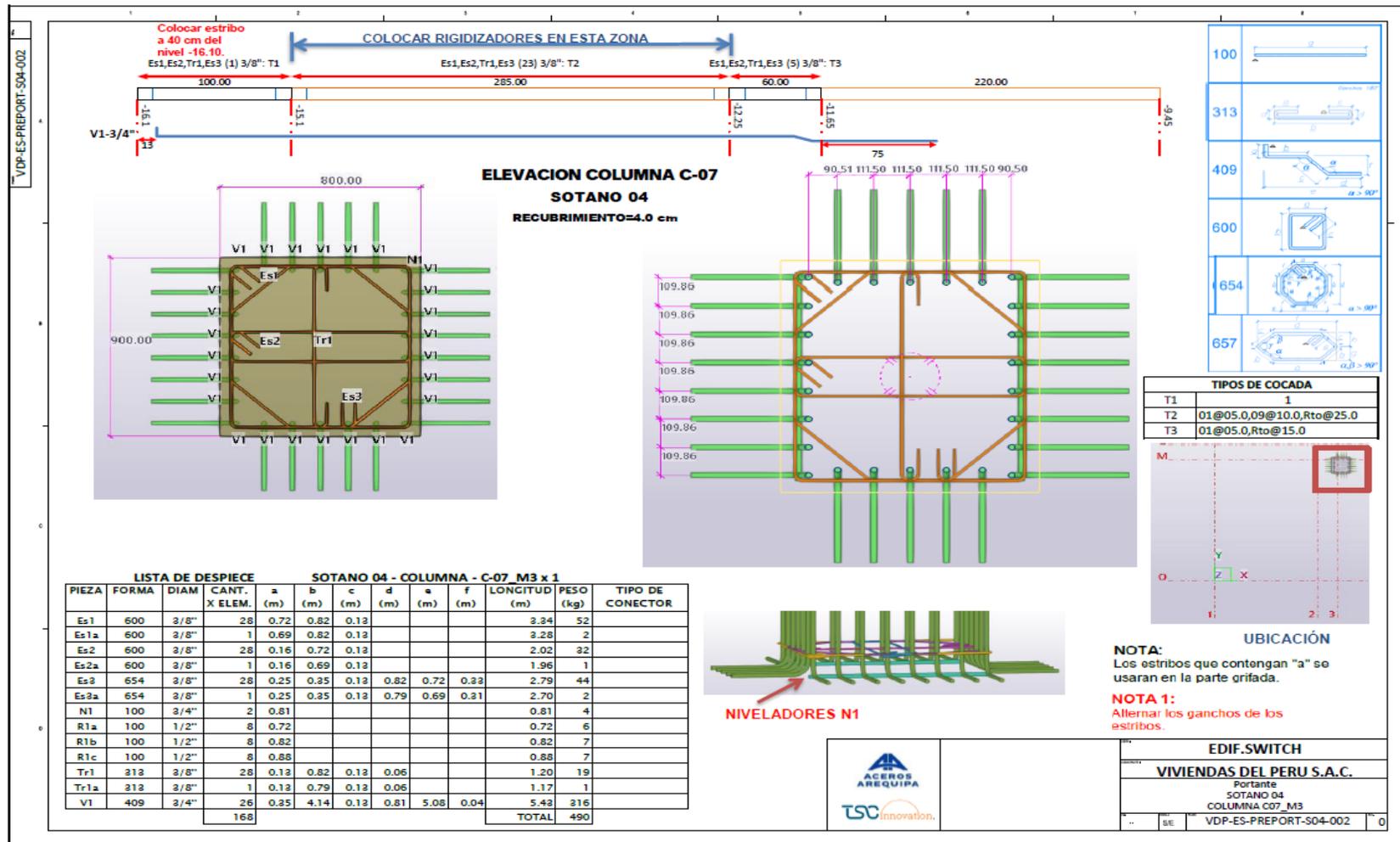
Elevación Columna C-12, Metrado



**Anexo 04.**

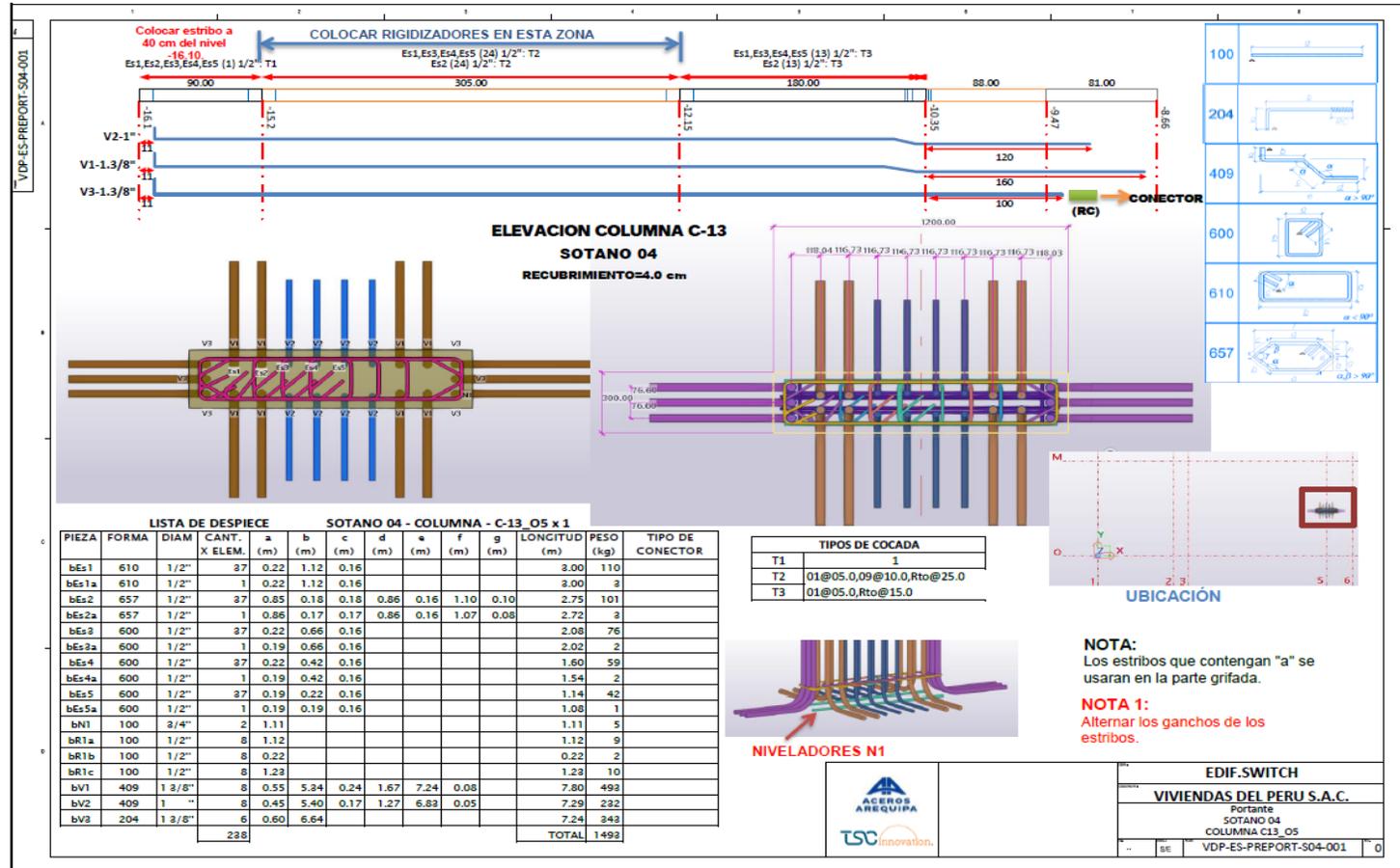
**Figura 108**

*Elevación Columna C-13*



Anexo 05.

Figura 109

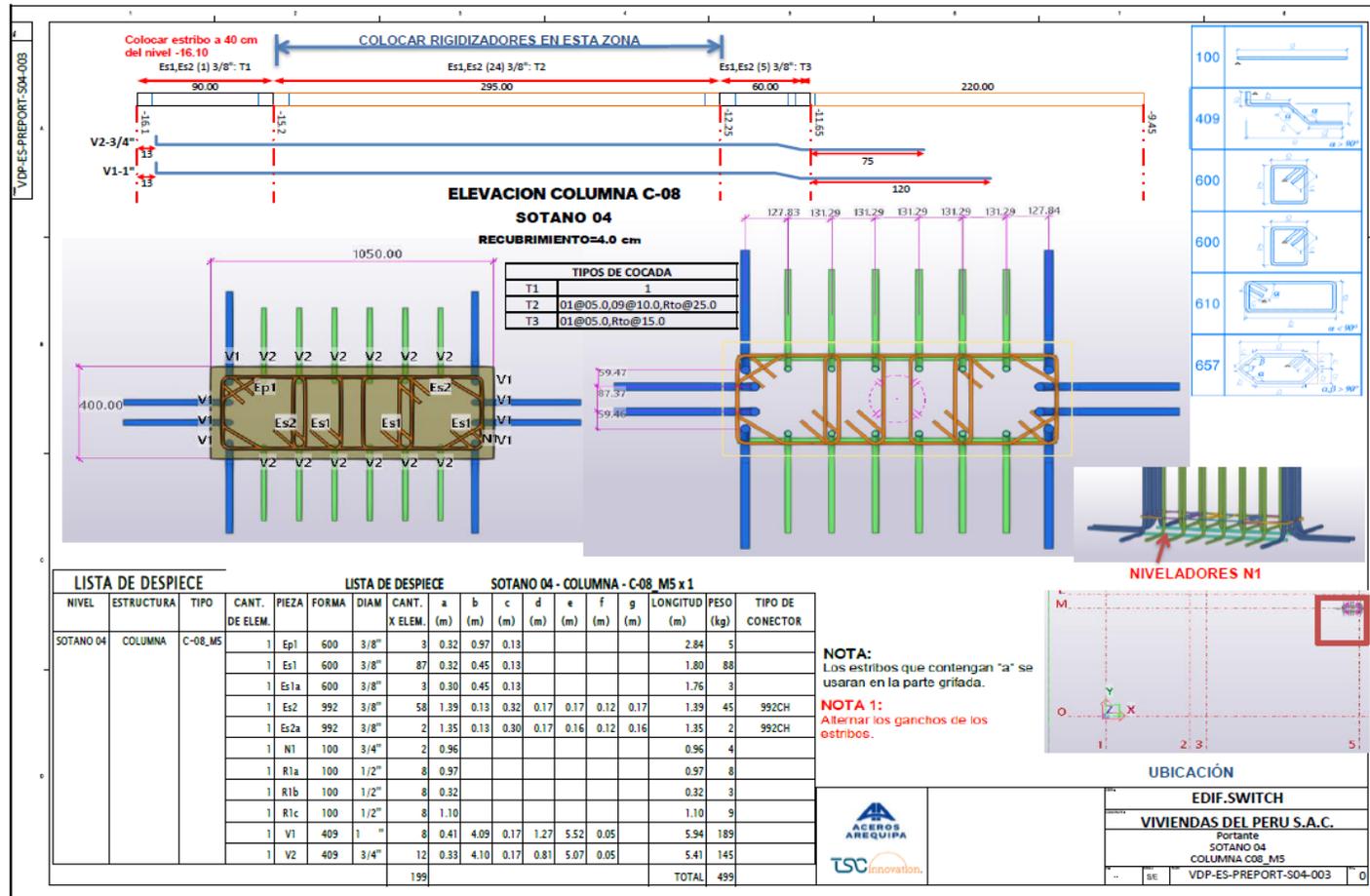


Elevación Columna C-07

**Anexo 06.**

**Figura 110**

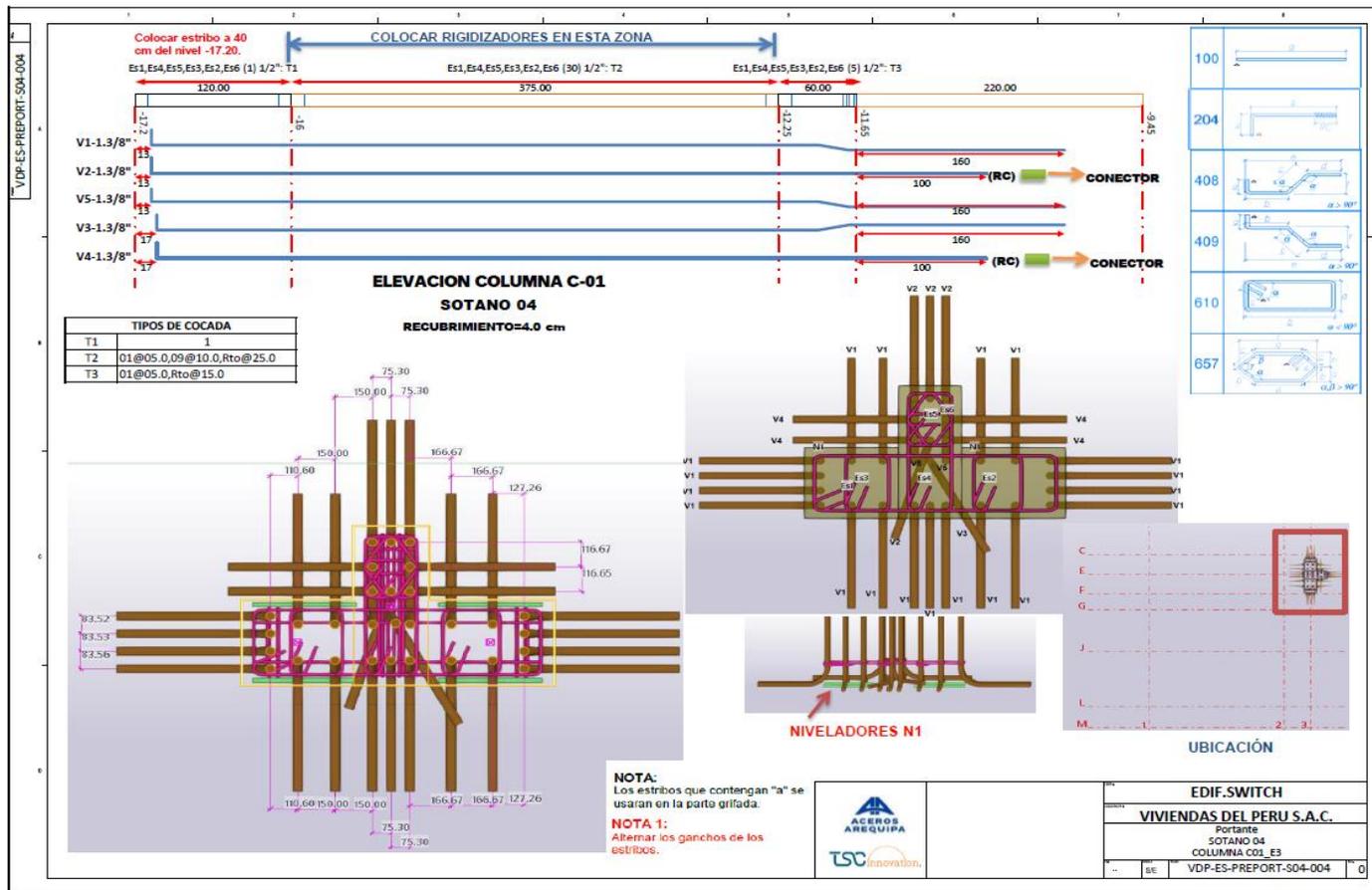
*Elevación Columna C-08*



Anexo 07.

Figura 111

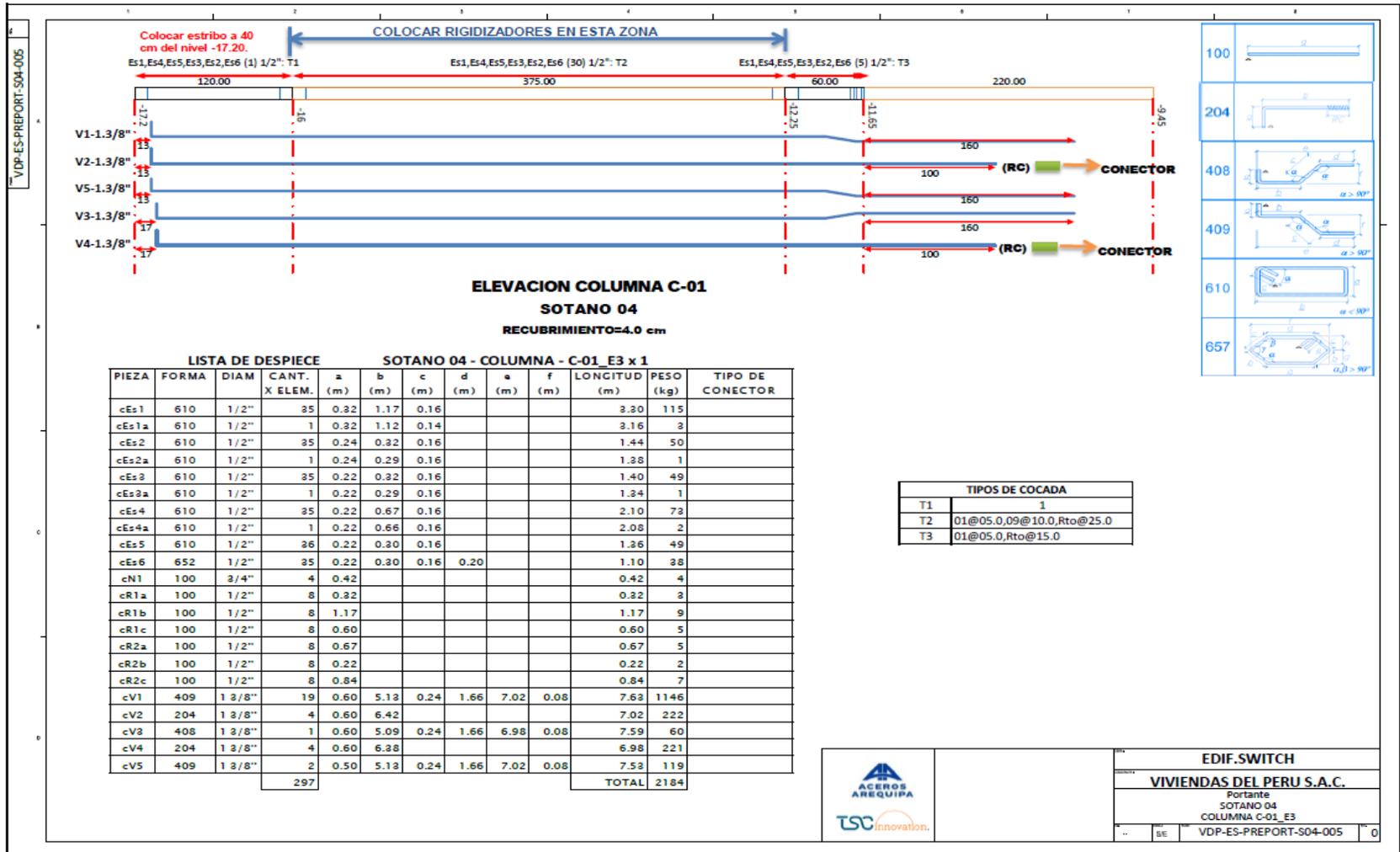
Elevación Columna C-01



Anexo 08.

Figura 112

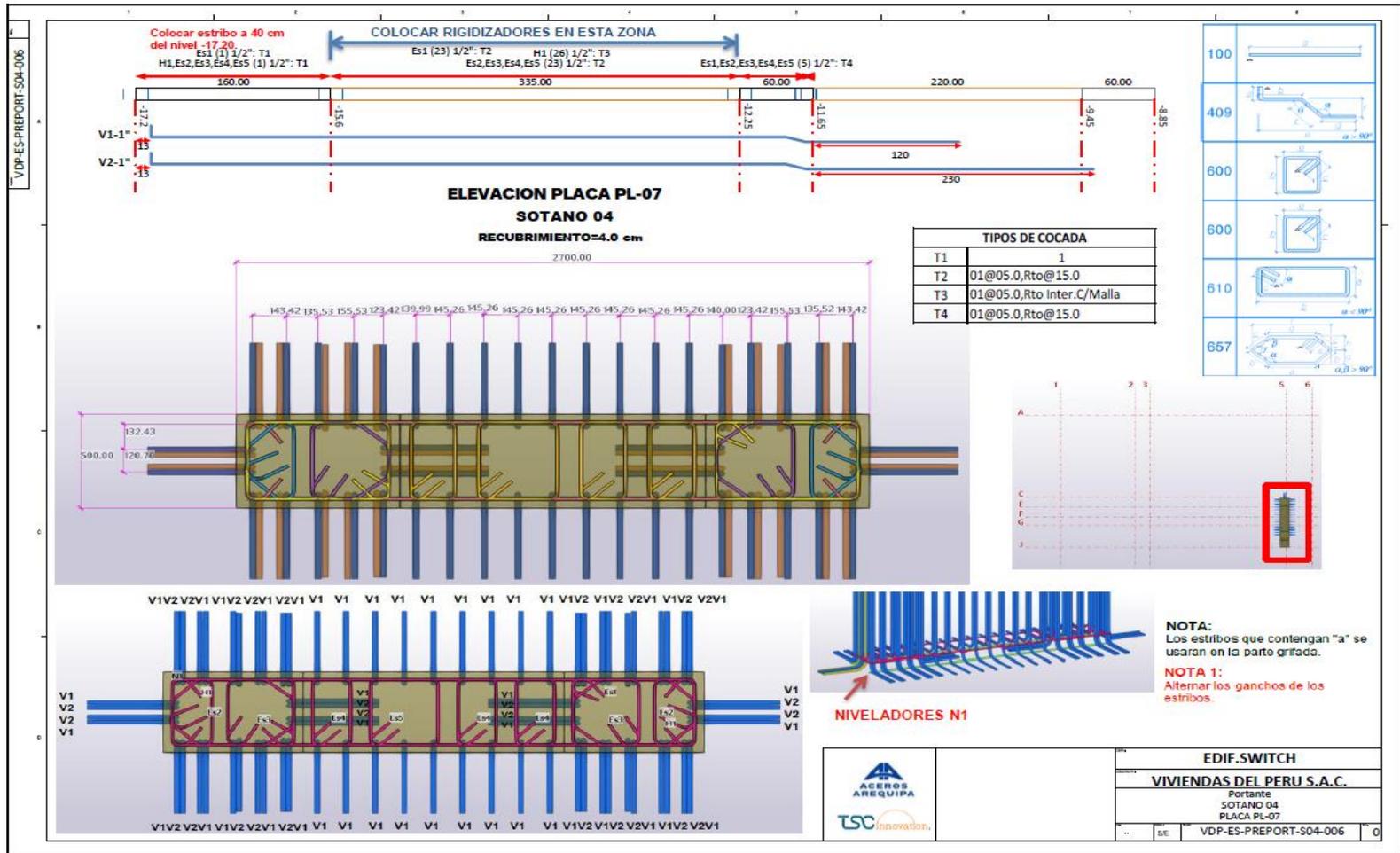
Elevación Columna C-01, Metrado



Anexo 09.

Figura 113

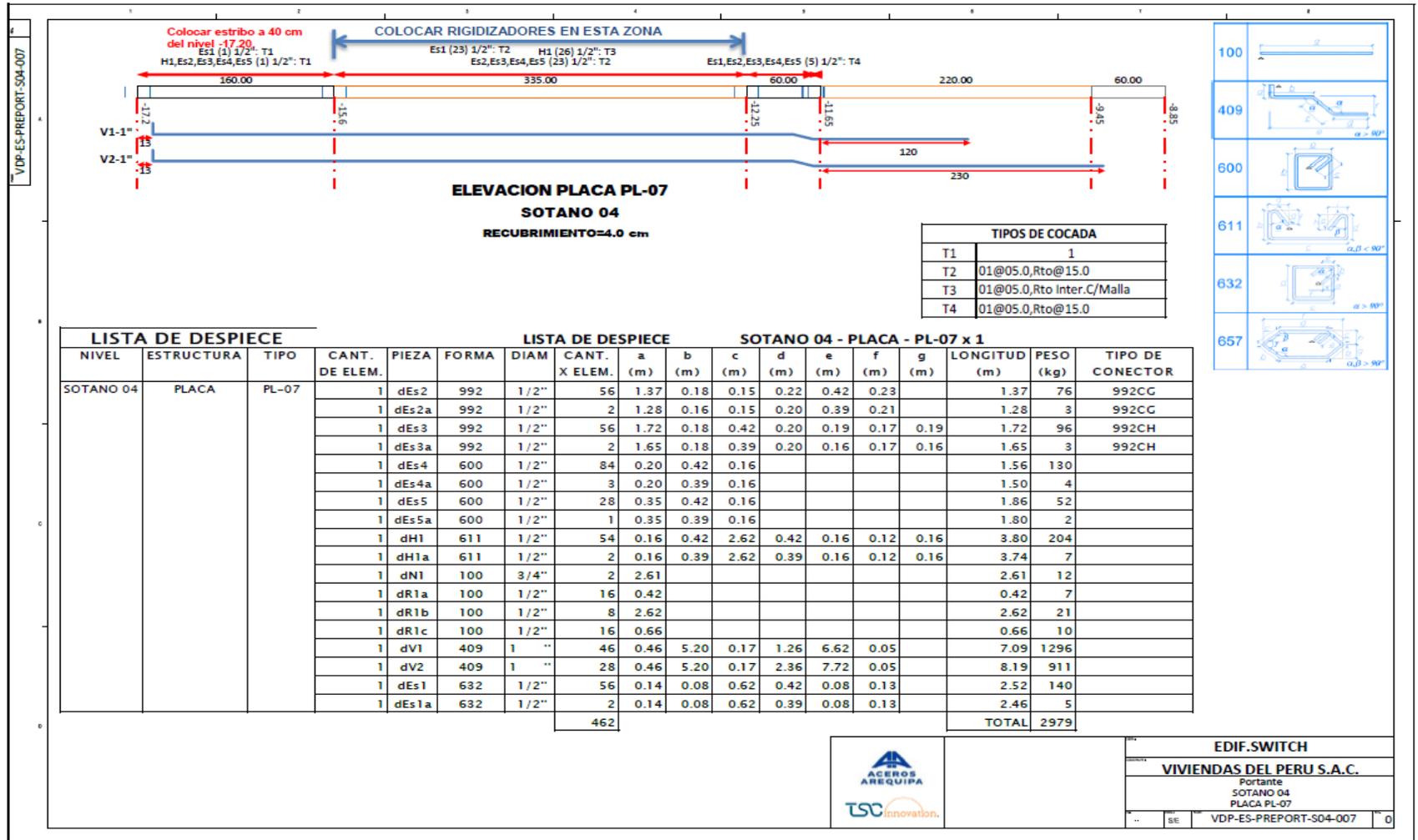
Elevación Placa PL- 07



Anexo 10.

Figura 114

Elevación Placa PL-07, Metrado



**ANEXO 11**

**Elaboración del Manual del uso del tekla structure para el proceso del prearmado.**

*DESARROLLO ORGANIZACIONAL*

MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE  
PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

TOMO 1

LIMA, 2022

ÍNDICE

Introducción .....	142
Propiedades básicas de las armaduras.....	142
Trabajar con armaduras.....	149
Armaduras para cimentaciones.....	155
Armaduras, grupos de armaduras y mallas.....	181

- **Introducción**

Mientras sea posible, es aconsejable componentes de armaduras para crear las armaduras. Son adaptables, están unidos a una parte de hormigón y se actualizan automáticamente, por ejemplo, se cambian las dimensiones de la parte reforzada.

Los grupos de armaduras constan de barras idénticas o muy similares. Tekla Structures siempre trata estas barras como un único grupo, las modifica de la misma manera, las elimina simultáneamente, etc.

Las mallas de armaduras incluyen barras en dos direcciones perpendiculares; es decir, barras principales y barras transversales. Tekla Structures trata las mallas de armaduras como entidades únicas, pero diferencia entre las barras principales y transversales.

- **Propiedades básicas de las armaduras**

Para la definición de calidad, el tamaño y el radio de plegado de una armadura, se ira en selección por donde esta los campos de materiales, tamaño y radio plegado en el cuadro de dialogo Propiedades Armadura.

Donde aparecerá un cuadro de dialogo Seleccionar Armadura mostrando los tamaños de la barra disponible para la calidad elegida. También se puede definir si la barra es una barra principal, o un estribo o acero.

**Figura 115**

*Selección de Armadura*



*Fuente: Elaboración propia*

Para añadir **GANCHOS** en los extremos de las armaduras a efecto de anclaje, utilice la selección Ganchos de cuadro de dialogo Propiedades Armadura, o bien la pestaña de Ganchos del cuadro de dialogo Propiedades Malla Armadura:

**Figura 116**

*Cuadro para los Ganchos*

Ganchos	
<input checked="" type="checkbox"/> Inicial:	<input checked="" type="checkbox"/> Final:
Forma: <input type="text" value="Estándar 90 grados"/>	<input type="text" value="Gancho personalizado"/>
Ángulo: <input type="text" value="90.000"/>	<input type="text" value="60.000"/>
Radio: <input type="text" value="120.000"/>	<input type="text" value="200.000"/>
Longitud: <input type="text" value="60.000"/>	<input type="text" value="200.000"/>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 3**

# MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

Opción	Descripción
	Sin gancho
	Gancho estándar de 90 grados
	Gancho estándar de 135 grados
	Gancho estándar de 180 grados
	Gancho personalizado

## *Descripción de los Ganchos*

*Fuente:* Elaboración propia

La base de datos de armaduras contiene dimensiones predefinidas para todos los ganchos estándar (radio de plegado mínimo, longitud de gancho mínima). Todo ello se puede observar en la sección BASE DE DATOS DE ARMADURA en la ayuda en línea.

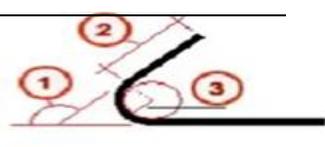
Para la definición de los ángulos manualmente, el radio y la longitud de un gancho, se ira a la selección de Gancho personalizado y rellene los siguientes campos en el cuadro de dialogo.

## PROPIEDADES ARMADURA

**Tabla 4**

### *Ganchos Personalizados*

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



1 Ángulo  
2 Longitud  
3 Radio

*Fuente:* Elaboración propia

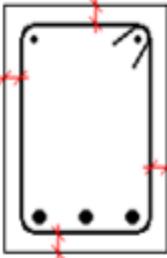
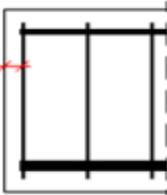
Las armaduras necesitan un recubrimiento de hormigón que las proteja contra elementos dañinos, como las condiciones atmosféricas y el fuego. Al crear barras individuales, Teklaw Structures usa el espesor del recubrimiento de hormigón para determinar la posición de la barra. Usted selecciona los puntos para definir la forma y el plano de la barra.

Use los campos de Espesor recubrimiento en los cuadros de diálogo de propiedades de armadura para definir el recubrimiento de hormigón.

Para crear un estribo de viga, seleccione los puntos de las esquinas en el plano extremo de sección transversal de la viga para definir el plano y la forma de la barra. El espesor de recubrimiento en el plano es la distancia que hay desde las superficies laterales, superior e inferior de la viga hasta el estribo. El espesor de recubrimiento del plano es la distancia que hay desde la superficie del extremo de la viga hasta el estribo, perpendicular al plano de la barra.

**Tabla 5**

*Recubrimiento de Hormigón*

Recubrimiento de hormigón	Descripción
	<p>Recubrimiento de hormigón en el plano</p> <p>Por ejemplo, las distancias desde las superficies lateral, superior e inferior de una viga hasta un estribo</p> <p>Para especificar los diferentes recubrimientos de hormigón en los distintos lados de una barra de armadura, introduzca un valor de espesor para cada lado en el campo. En el plano, en el orden en el que seleccione los puntos para crear la barra. Si introduce menos valores que la cantidad de lados de la barra, Tekla Structures usa el último valor para los lados restantes</p>
	<p>Recubrimiento de hormigón en el plano</p> <p>Por ejemplo, la distancia desde una superficie del extremo de la viga al estribo más cercano, perpendicular al plano del estribo</p>

*Fuente: Elaboración propia*

En el punto inicial y final de una barra de armadura, también puede definir el recubrimiento de hormigón en términos de espesor de recubrimiento o de longitud del lado.

**Tabla 6**

*Longitud de Lado*

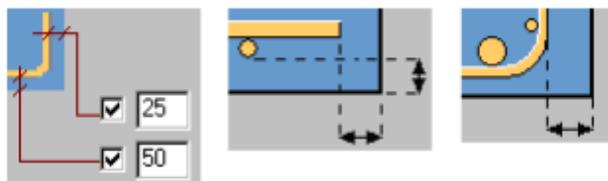
Opción		Descripción
	Espesor recubrimiento	Define la distancia desde el extremo de la barra a la superficie de hormigón.
	Longitud lado	Define la longitud del último lado de la barra.

*Fuente:* Elaboración propia

Cuando use los componentes de armaduras, Tekla Structures coloca las armaduras usando las dimensiones de la parte y los valores en el campo Espesor recubrimiento o los campos gráficos mostrados a continuación:

**Figura 117**

*Componentes de Armaduras*



*Fuente:* Elaboración propia

Hay varias maneras de distribuir las barras en un grupo de armaduras. Para crear un grupo de barras, dirigirse al cuadro de diálogo Propiedades armadura. En la pestaña Grupo, seleccione una opción en el cuadro de lista Método de creación. Las opciones son las siguientes:

**Tabla 7**

*Grupo de Barras*

Opción	Descripción
Según valor separación exacto con primer espacio flexible	Crea espacios fijos iguales entre las barras, El primer espacio se ajusta a la distribución de barras en distancias iguales. Introduzca el valor de separación en el campo Valor de separación exacto. Si el primer espacio es inferior al 10% del valor de separación exacto, Tekla Structures elimina una barra.
Según valor separación exacto con ultimo espacio flexible	Igual que la primera opción, pero el ultimo espacio se ajusta a la distribución de barras en distancias iguales.
Según valor separación exacto con espacio medio flexible	Igual que la primera opción, pero el espacio medio se ajusta a la distribución de barras en distancias iguales. Si hay un número impar de barras, (dos espacios medios), el otro espacio medio se ajusta a la distribución de barras en distancias iguales.
Según valor separación exacto con primer y último espacio flexible	Igual que la primera opción, pero tanto el último como el primer espacio se ajustan a la distribución de barras en distancias iguales.
Según valores separación exacto	Distribuye las barras usando la información especificada en el campo Valores de separación exactos, de forma que pueda introducir cada valor de separación manualmente. Use el carácter de multiplicación para repetir las separaciones, por ejemplo, 5*200 , para crear cinco espacios de 200.
Distribución equitativa según número de armaduras	Tekla Structures determina el valor de la separación basado en el número fijo de armaduras. Introduzca el número en el campo Número de armaduras.
Distribución equitativa según valor de separación especificado	Tekla Structures determina un valor de separación lo más cerca posible al valor en el campo Valor separación designado y determina el número de barras.

*Fuente:* Elaboración propia

Puede que en ocasiones tenga que omitir barras específicas. Por ejemplo, cuando se crucen varias áreas reforzadas superponiéndose las armaduras, o cuando desee iniciar la

distribución de barras a una cierta distancia del extremo de una parte. Para indicar las partes a omitir, seleccione una opción en el cuadro de lista No crear en el grupo la(s) armadura(s):

- ✓ Ninguna (INCLUIR TODAS LAS ARMADURAS)
- ✓ Primera
- ✓ Última
- ✓ Primera y última

Cree atributos definidos por el usuario para añadir información sobre las armaduras, grupos de armaduras o mallas de armaduras.

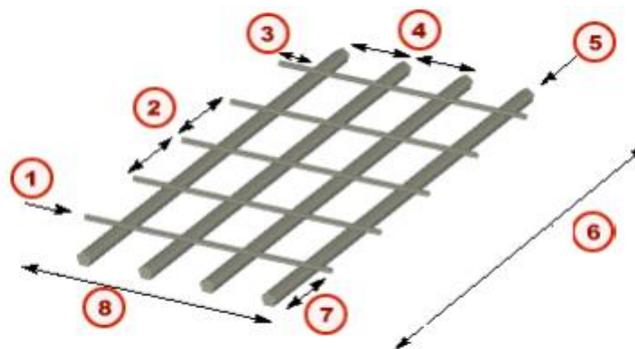
Para crear atributos definidos por el usuario, haga clic en el botón Atributos definidos por usuario, en el cuadro de diálogo de propiedades de la armadura. Use los campos Campo Usuario 1,2,3, 4 para definir los atributos necesarios. También puede cambiar el nombre de estos campos, así como añadir otros nuevos, editando el archivo **objects.inp**. Consulte más información en

### **Adición de propiedades de la Ayuda en línea.**

Para las **mallas** de armaduras se compone de armaduras en dos direcciones. Puede definir las propiedades siguientes:

**Figura 118**

*Propiedades de Mallas*



- ① Diámetro 2
- ② Distancia 2
- ③ Vuelo
- ④ Distancia 1
- ⑤ Diámetro 1
- ⑥ Longitud
- ⑦ Vuelo
- ⑧ Ancho

- **Trabajar con armaduras**

Para colocar un grupo de barras de armaduras, seleccione dos grupos de puntos:

- ✓ El primer grupo de puntos define el plano de la primera barra y la forma de una barra individual en el grupo. Haga clic en el botón central del ratón para finalizar la selección.
- ✓ Seleccione un segundo grupo de puntos para indicar la dirección de distribución y la longitud de las barras.

Para colocar componentes de armaduras, seleccione la parte que desea reforzar

Para **modificar una barra** individual, un grupo de barras o una malla de armaduras, haga clic en la armadura para abrir el cuadro de diálogo de propiedades.

Para modificar las propiedades de un componente de armaduras, haga doble clic en el símbolo azul de herramienta de modelado (M). Para actualizar la barra, el grupo de barras, la malla de armaduras o el componente seleccionado, haga clic en Modificar.

Para **cambiar la forma de la armadura**, puede:

- ✓ Añadir esquinas de barra
- ✓ Eliminar esquinas de barra
- ✓ Mover esquinas de malla y barra
- ✓ Cambiar la dirección de las barras de malla longitudinales
- ✓ Cambiar la longitud de distribución de los grupos de barras

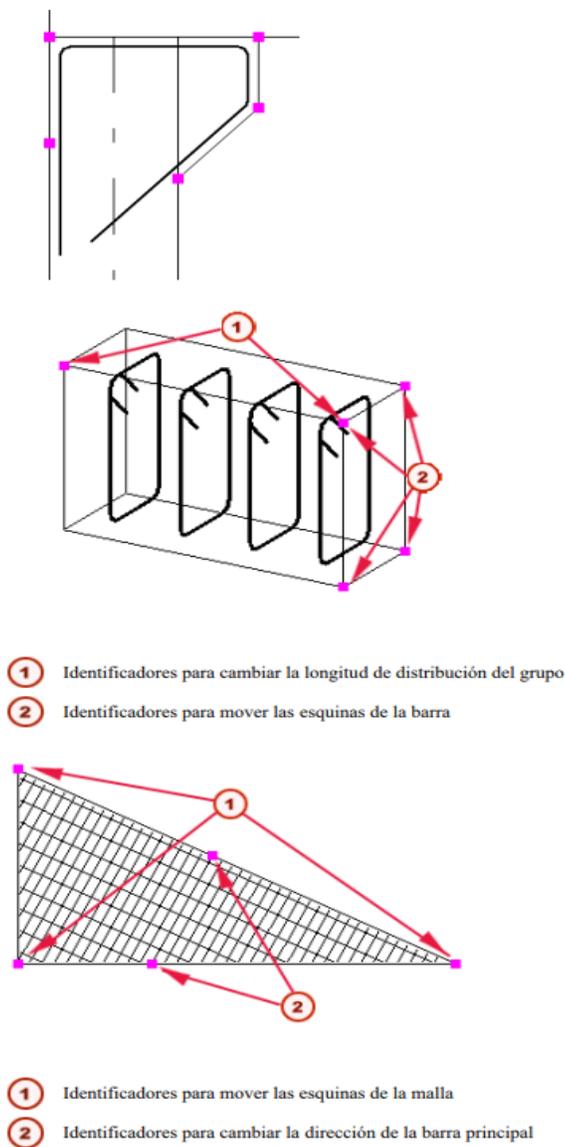
Tekla Structures utiliza **identificadores** para indicar:

- ✓ Los extremos y esquinas de una barra.
- ✓ La longitud de distribución de un grupo de barras
- ✓ Las esquinas y la dirección de la barra principal de una malla.

A continuación, se muestran algunas formas de usar los identificadores para modificar las armaduras:

**Figura 119**

*Identificadores para Modificar las Armaduras*



*Fuente:* Elaboración propia

Para usar identificadores para modificar las armaduras:

- ✓ Seleccione la armadura para que se muestren los identificadores.
- ✓ Haga clic en el identificador que desea mover. Tekla Structures lo resaltará.

- ✓ Mueva el identificador o identificadores de la misma forma que los demás objetos.

Consulte Mover en el Manual de Modelado. Si tiene activada la función de Arrastrar y Soltar, arrastre el identificador a la nueva posición. Consulte Arrastrar y Soltar en el Manual de Modelado.

Consulte también Forma de polígono en el Manual de Modelado.

Para poder modificar o eliminar barras individuales en un componente de armaduras, tendrá que usar el comando **Desglosar componente** para desagrupar las barras que contienen las armaduras.

Para desagrupar armaduras:

- ✓ Irse a **detallar – Componentes – Desglosar componentes**.
- ✓ Seleccione el símbolo azul de herramientas de modelado (M) en el refuerzo. Tekla

Structures desagrupa las barras.

Puede **dividir los grupos de armaduras** normales y de sección variable en dos grupos.

- ✓ Haga clic en **Editar - Partir**.
- ✓ Seleccione el grupo de armaduras.
- ✓ Seleccione dos puntos para indicar dónde dividir el grupo.

Es posible **dividir los grupos de armaduras** normales y de sección variable utilizando una línea de división.

- ✓ Haga clic en **Editar - Dividir**.
- ✓ Seleccione el grupo de armaduras.

- ✓ Elija dos puntos para indicar dónde desea dividir las barras.

Puede **personalizar las mallas de armaduras** mediante el cuadro de diálogo Seleccionar malla.

- ✓ En el cuadro de diálogo Propiedades malla armaduras, haga clic en el botón Seleccionar situado junto al campo Malla para abrir el cuadro de diálogo Seleccionar malla.
- ✓ En el cuadro de diálogo Seleccionar malla, seleccione una malla estándar en el catálogo de mallas y utilícela como base para la malla personalizada.
- ✓ Modifique las propiedades de malla.
- ✓ Introduzca un nombre para la malla en el campo Malla seleccionada. El nombre por defecto es MALLA\_PERSONALIZADA.
- ✓ Haga clic en OK para cerrar el cuadro de diálogo Seleccionar malla y para guardar las propiedades.
- ✓ Para guardar las propiedades de malla personalizadas y utilizarlas posteriormente, introduzca un nombre en el campo Grabar como en el cuadro de diálogo Propiedades malla armaduras y haga clic en el botón Grabar como.

**Tabla 8**

*Propiedades para las Mallas de Armaduras Personalizadas*

Propiedad	Descripción
	Define el modo en que se distribuyen las barras de malla. Las opciones son
Método espaciado	Distancia igual para todo: Se utiliza para crear mallas con barras separadas uniformemente  Distancias variables múltiples: Se utiliza para crear barras no separadas uniformemente.
Distancias	Los valores de espacio de las barras longitudinales o transversales  Si selecciona el método de espaciado Distancias variables múltiples, introduzca todos los valores de espaciado separados por espacio. Puede Utilizar la multiplicación para repetir valores de espaciado. Por ejemplo: 2*150 200 3*400 200 2*150
Vuelo Izquierdo Vuelo derecho	Las extensiones de las barras longitudinales sobres las barras transversales más externo
Diámetro	Las extensiones de las barras transversales sobres las barras transversales más externas
Ancho	La longitud de las barras transversales
Longitud	La longitud de las barras longitudinales.
Calidad	La calidad del acero de las barras en la malla

*Fuente:*

Elaboración

propia

Puede crear **detalles de armadura de hormigón** personalizados y guardarlos en el catálogo de componentes para utilizarlos posteriormente.

Crear una parte de hormigón y reforzarla de la manera en que desee que aparezca la armadura en el componente personalizado. Puede crear la armadura desglosando y modificando un componente de armadura existente, o bien creando las armaduras individualmente.

- ✓ Haga clic en **Detallar > Componente > Definir** componente personalizado

## MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

- ✓ En la pestaña Tipo/Notas, seleccione Detalle en el cuadro de lista Tipo e

introduzca un nombre para la armadura personalizada.

- ✓ Haga clic en Siguiente.

✓ Seleccione las armaduras que se utilizarán en la armadura personalizada y haga clic en Siguiente.

- ✓ Seleccione la parte principal y haga clic en Siguiente.

✓ En POSICIÓN DETALLE, seleccione Parte principal para posicionar la armadura en la parte principal.

- ✓ Haga clic en Finalizar.

Tekla Structures **numera las armaduras** de la misma forma que las partes. Consulte Numeración de partes en el Manual de Modelado. Esta sección contiene información que deberá considerar cuando planifique la numeración de las armaduras.

- **Armaduras para cimentaciones**

Crear armaduras para **una zapata continua** de hormigón

✓ Barras longitudinales para las superficies superior e inferior y laterales de la zapata.

- ✓ Estribos

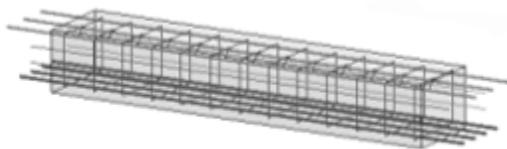
### Tabla 9

#### *Zapatas Continuas*

Situación	Más información
Zapatas continuas rectas que tienen secciones transversales rectangulares	Barras principales completamente dentro de la zapata, sin barras laterales, solapes de estribos en



esquinas de estribos



Barras principales que sobresalen de la zapata, dos barras a ambos lados, solapes de estribos en mitad de la superficie superior

---

*Fuente:* Elaboración propia

Zapatas que tienen:

- ✓ Secciones transversales irregulares
- ✓ Esquinas cortadas o sesgadas
- ✓ Cree la zapata continua de hormigón.
- ✓ Calcule el área necesaria de armadura.

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Zapata continua, para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 10**

*Zapata Continúa 2.0*

Pestaña	Contenido
Dibujo	Espesor de recubrimiento de hormigón, ubicación de las barras laterales y de los primeros estribos.
Barras principales	Calidad, tamaño, número, separación y longitudes de adherencia de las barras derecha, izquierda, superior e inferior
Estribos	Calidad, tamaño, separación y tipo de plegado de los estribos
Atributos	Propiedades de numeración, nombre y clase de las barras derecha, izquierda, superior e inferior, y de los estribos.

---

*Fuente:* Elaboración propia

## MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

Las longitudes de adherencia definen la longitud de la extensión de las barras principales dentro de las estructuras adyacentes en los extremos de las zapatas continuas. Use los campos Longitud adherencia 1 en la pestaña Barras principales para el primer extremo de la zapata (con el identificador amarillo) y los campos Longitud adherencia 2 para el segundo extremo de la zapata (con el indicador magenta).

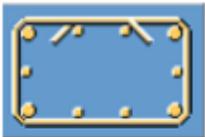
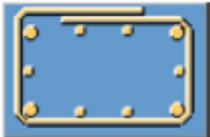
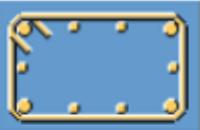
Puede definir las longitudes de adherencia por separado para:

- ✓ Barras superiores
- ✓ Barras inferiores
- ✓ Barras en el lado izquierdo de la zapata
- ✓ Barras en el lado derecho de la zapata

Para definir la ubicación de los solapes de los estribos en la zapata continua, seleccione una opción en el cuadro de lista Tipo de plegado en la pestaña Estribos. Las opciones son:

**Figura 120**

*Pestaña de Estribos*

Opción	Ejemplos
En mitad	
	
En esquina	
	

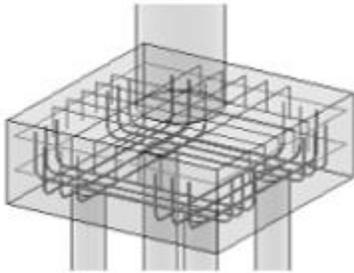
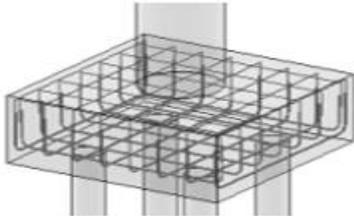
Fuente: Elaboración propia

Crea armaduras para una **zapata sobre pilotes** de hormigón.

- ✓ Barras en dos direcciones para las superficies superior e inferior de la zapata
- ✓ Cercos

**Figura 121**

*Zapata Sobre Pilote*

Situación	Más información
	Barras inferiores concentradas sobre los pilotes, barras superiores bajo la columna. Dos cercos.
	Barras distribuidas uniformemente sobre las superficies inferior y superior. Sin cercos.

Fuente: Elaboración propia

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Armadura zapata sobre pilotes, para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 11**

*Cuadro de dialogo Armadura Zapata Sobre Pilote*

Pestaña	Contenido
Dibujo	Espesor de recubrimiento de hormigón, dirección de barra primaria

## MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

Barra primaria superior	Calidad, tamaño, ganchos, longitudes de plegado, distribución (por número o separación) y disposición/ubicación de las barras superiores e inferiores en dos direcciones
Barra secundaria superior	
Barra primaria inferior	
Barra secundaria inferior	

Pestaña	Contenido
Cercos	Opción para crear cercos, calidad, tamaño, número, separación, ubicación, tipo, orientación y solapes de cercos
Atributos	Propiedades de numeración, nombre y clase de las barras superior e inferior y de los cercos

*Fuente:* Elaboración propia

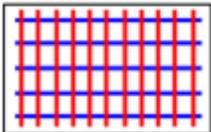
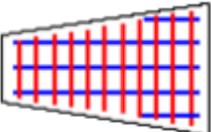
Para un orden de selección:

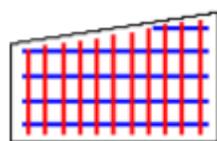
- ✓ Zapata sobre pilotes de hormigón
- ✓ Pilotes y/o columnas
- ✓ Haga clic en el botón central del ratón para finalizar.

Use las herramientas Armadura zapata sobre pilotes y Zapata aislada para crear armaduras para las siguientes formas de cimentaciones:

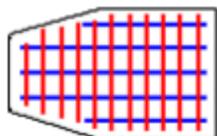
**Figura 122**

*Formas de la Zapata Aislada y de la Zapata Sobre Pilotes*

Forma	Descripción
	Rectangular
	Sesgada en dos lados



Sescgada en un lado



Rectangular con esquinas cortadas

*Fuente: Elaboración propia*

La **distribución de barras** en las zapatas aisladas, puede disponer las barras principales en:

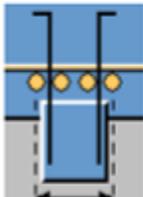
- ✓ Una zona de barras que tiene las mismas propiedades de barra
- ✓ Tres zonas de barras que tienen diferentes propiedades de barra

Se definen las opciones por separado para barras primarias y secundarias. Seleccione una opción en el cuadro de lista Disposición en la pestaña correspondiente del cuadro de diálogo Zapata aislada.

Para la **distribución de barras** de las armaduras de las zapatas sobre pilotes usando las siguientes propiedades:

**Figura 123**

*Distribución de Acero para Zapatas Sobre Pilotes*

Campo	Descripción
Para ajustarse a pilote/pilar	Seleccione Si para concentrar las barras principales encima de los pilotes y debajo de los pilares
% de ancho de pilote / pilar 	En área en la que se concentran las barras, expresada como un porcentaje de la anchura del pilote o del pilar  Por ejemplo, si el diámetro o el ancho del pilote es 500 mm, escriba 120 en el campo % de ancho pilar para concentrar las barras en un área de 600 mm de

## MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

	ancho encima del pilote.
Distribución barra (%)	La proporción de barras concentradas encima de un pilote o debajo de un pilar
Distribución barra (número de barras)	El número de barras concentradas encima de un pilote o debajo de un pilar

*Fuente:* Elaboración propia

Puede definir estas propiedades por separado para:

- ✓ Barra primaria superior
- ✓ Barra secundaria superior
- ✓ Barra primaria inferior
- ✓ Barra secundaria inferior

Para crear cercos para una cimentación:

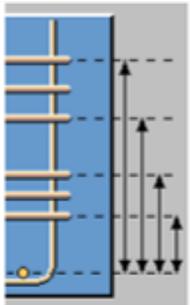
✓ Abra el cuadro de diálogo de propiedades de armaduras de la cimentación y haga clic en la pestaña Cercos.

✓ En el cuadro de lista Opción cerco, seleccione Sí para crear cercos.

✓ Introduzca las propiedades para cada grupo de cercos:

### Figura 124

#### *Cercos para la Cimentación*

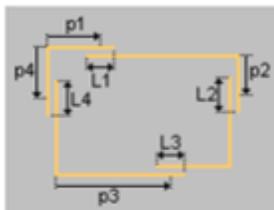
Propiedad	Descripción
	Cantidad, separación y ubicación de los grupos de cercos.
Tipo	<p>Tekla Structures solo usa información de algunos de los campos, en este orden de prioridad:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Número barras y Separación</li> <li>2. Numero barras, Inicial y Final</li> <li>3. Separación, Inicial y Final</li> </ol> <p>El número y ubicación de los solapes. Las opciones son:</p>

# MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO



Orientación  
p1...p4  
L1...L4

Las opciones son Por defecto, Delante y Atrás.  
Las longitudes y ubicaciones exactas de los solapes de los cercos. Las ubicaciones se miden desde la esquina de la barra hasta los puntos medios de los solapes



La ubicación del cerco más elevado, medida desde el extremo de las barras principales.  
Introduzca un valor para anular la ubicación definida en el campo Final

*Fuente: Elaboración propia*

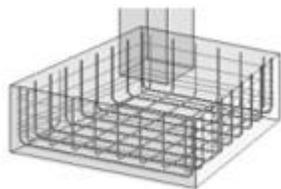
Crea armaduras para una **zapata aislada** de hormigón.

- ✓ Barras en dos direcciones para la superficie inferior de la zapata aislada
- ✓ Cercos

**Figura 125**

### *Zapatas Aislada*

Situación	Mas información
	Zapata rectangular, ganchos de 90 grados en los extremos de la barra primaria, ganchos de 180 grados en los extremos de la barra secundaria, sin cercos.
	Zapata rectangular, tres zonas de barras primarias con diferentes separaciones, extremos de barra rectos, tres cercos.



Zapata sesgada en dos lados, dos grupos de cercos con diferentes separaciones.

*Fuente:* Elaboración propia

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Zapata aislada para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 12**

*Cuadro de Dialogo Zapata Aislada*

Pestaña	Contenido
Dibujo	Espesor de encubrimiento de hormigón
Pestaña	Contenido
Barra primaria Barra secundaria	Disposición calidad, tamaño, ganchos, longitudes de plegado y distribución (por número o separación) de las barras primaria y secundaria, dirección de barra primaria
Cerco	Calidad, tamaño, número, separación, ubicación, tipo, orientación y solapes de cercos
Atributos	Propiedades de numeración, nombre y clase de las barras primaria y secundaria y de los cercos.

*Fuente:* Elaboración propia

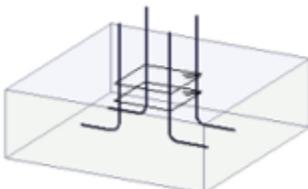
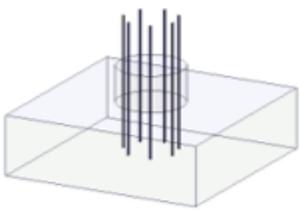
arras inicio para pilar (86) y Barras inicio para zapata (87) crean barras de inicio en una zapata para una columna. Las barras de inicio pueden pasar por un pedestal o ir directamente a la columna. Las barras de inicio pueden ser de forma circular o rectangular.

- ✓ Barras de inicio (rectas o en forma de L)

- ✓ Estribos (opcional)

**Figura 126**

*Barras de Inicio*

Situación	Mas información
	<p>Barras inicio para zapata (87) coloca barras de inicio en una zapata de forma circular o rectangular. Las barras de inicio pueden ser rectas o en forma de L, y pueden tener estribos.</p>
	<p>Barras inicio para pilar (86) crea barras de inicio rectas o en forma de L, que pasan por un pedestal circular o rectangular. Las barras de inicio pueden tener estribos.</p>

*Fuente:* Elaboración propia

Use las siguientes pestañas de los cuadros de diálogo Barras inicio para pilar (86) y Barras inicio para zapata (87) para definir las propiedades del componente:

**Tabla 13**

Pestaña	Contenido
Dibujo	<p>86: Dimensiones y ubicaciones de las barras, número y separación de barras, tipo de estribo, espesor de recubrimiento de hormigón.</p> <p>87: Dimensiones y ubicaciones de las barras, número y separación de barras, espesor de recubrimiento de hormigón</p>
Ubicación	Solo 87: Ubicación de barras, tipo de estribo
Parámetros	Calidad, tamaño, nombre, clase y propiedades de numeración de las barras

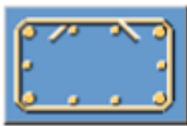
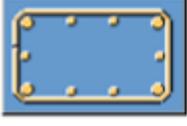
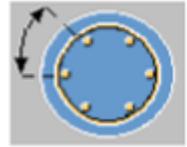
*Pestaña de los Cuadros de Dialogo*

*Fuente:* Elaboración propia

Para los **estribos de las barras de inicio** se utiliza las siguientes opciones para definir los solapes de estribos de zapatas:

**Figura 127**

*Estribo de las Barras de Inicio*

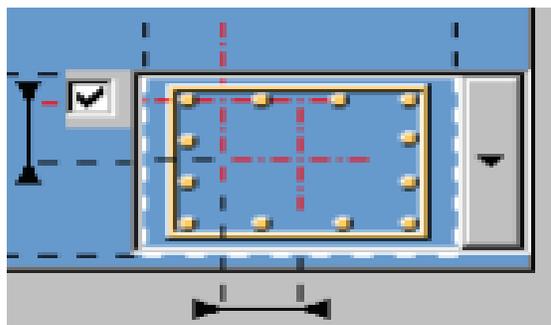
Opción	Descripción
	Solapes en el lado del estribo Ganchos de 45 grados en los extremos de la barra
	Solapes en las esquinas del estribo Ganchos de 135 grados en los extremos de la barra
	Solapes en las esquinas del estribo Ganchos de 90 grados en los extremos de la barra
	Si las barras de inicio son de forma circular, debe definir el ángulo de solape del estribo

*Fuente:* Elaboración propia

Cuando use Barras inicio para zapata (87), debe definir la ubicación de las barras de inicio. Introduzca la distancia que va del centro del grupo de barras al centro de la zapata, en dos direcciones:

**Figura 128**

*Ubicación de las Barras de Inicio*



*Fuente:* Elaboración propia

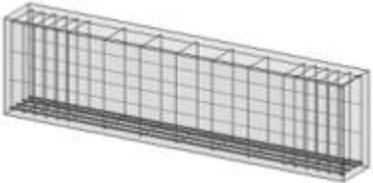
## Armaduras de viga, columna y losa

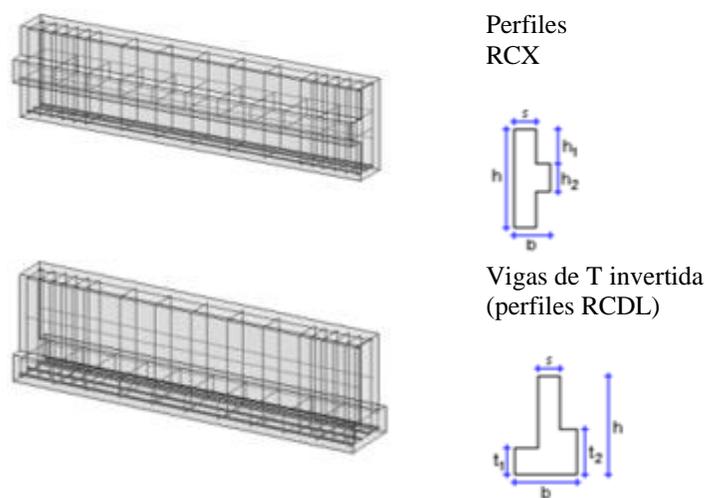
Crea armaduras para una viga de hormigón.

- ✓ Barras principales longitudinales
- ✓ Barras laterales y de esquina
- ✓ Estribos principales y adicionales (2 grupos)

**Figura 129**

*Armadura para Vigas*

Situación	Más Información
	Vigas rectangulares
	Vigas en forma de L (perfiles RCL)



Fuente: Elaboración propia

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Armadura viga para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Figura 130**

*Cuadro de dialogo de Armadura Viga*

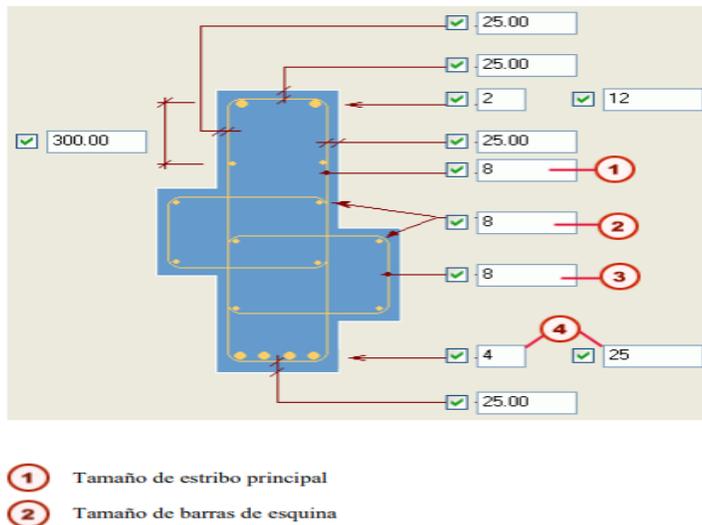
Pestaña	Contenido
Parámetros	Espesor de recubrimiento de hormigón, número, tamaño y ubicación de las barras, tamaño del estribo
Separación estribos	Distancias desde los extremos de la parte hasta los primeros estribos, número de espacios y separación de estribos principales y adicionales en cinco zonas a lo largo de la longitud de la parte
Avanzado	Calidad, nombre, clase y propiedades de numeración de barras, inferior, superior y laterales, así como de estribos adicionales y principales

Fuente: Elaboración propia

Use los siguientes campos de la pestaña Parámetros en el cuadro de diálogo Armadura viga (63) para definir las propiedades de las armaduras de la viga:

**Figura 131**

*Propiedades de las Armaduras de Viga*

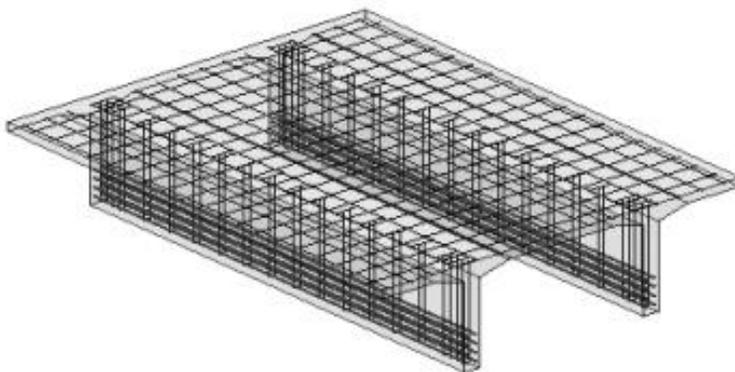


Crea cordones pretensados y otras armaduras para una doble T de hormigón.

- ✓ Cordones pretensados en nervios de doble T
- ✓ Estribos en nervios de doble
- ✓ Malla de armaduras sobre la superficie superior de la doble T

**Figura 132**

*Armadura T Doble*



*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 14**

*Dialogo de Concepto de Armadura T Doble*

Situación	Mas información
Cordones rectos	
Diferente patrón de cordones y número de cordones	
Cuando se utilizan diferentes Formas y separaciones de estribos	

*Fuente:* Elaboración propia

- ✓ Cree la doble T de hormigón.
- ✓ Calcule el área necesaria de cordones y otras armaduras.

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Armadura T doble para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 15**

*Cuadro de dialogo de Armadura T doble*

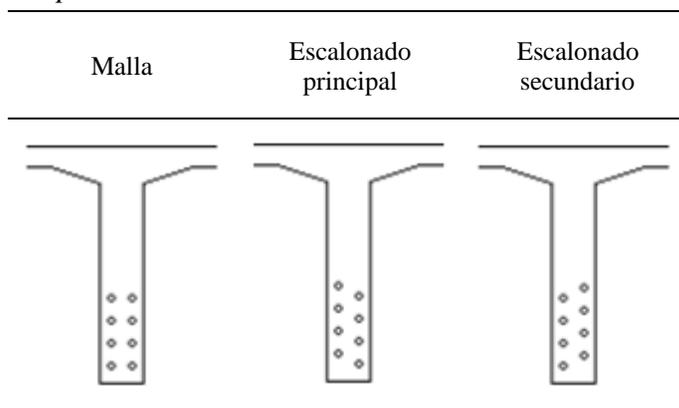
Pestaña	Contenido
Parámetros	Espesor de recubrimiento de hormigón, número, tamaño y ubicación de las barras, tamaño del estribo
Separación estribos	Distancias desde los extremos de la parte hasta los primeros estribos, número de espacios y separación de estribos principales y adicionales en cinco zonas a lo largo de la longitud de la parte
Avanzado	Calidad, nombre, clase y propiedades de numeración de barras, inferior, superior y laterales, así como de estribos adicionales y principales

*Fuente:* Elaboración propia

Use las siguientes opciones para definir el patrón de cortón en nervios T doble:

**Figura 133**

*Propiedades de Armadura T Doble*



*Fuente:* Elaboración propia

Use las siguientes opciones para definir los estribos y los ganchos de estribos en T doble:

**Figura 134**

# MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

## *Definición de Estribos y Ganchos de Estribos en T*

Opción	Ejemplo
Cerrado	
Abierto	
Abrir con ganchos de 90 grados	
Abrir con ganchos de 135 grados	
Abrir con ganchos de 180 grados	

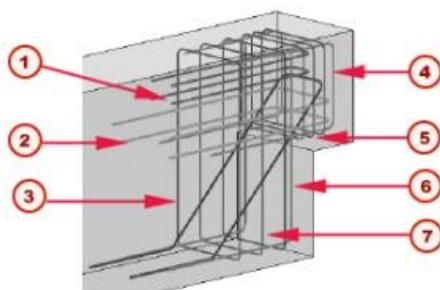
*Fuente:* Elaboración propia

Crea armaduras para el extremo de una viga o una zapata continua de hormigón.

- ✓ Barras horizontales en forma de U (tipos 1 y 2)
- ✓ Barras de estructura (tipos 3A y 3B)
- ✓ Barra oblicua (tipo 4)
- ✓ Estribos (tipos 5ª y 5B)

**Figura 135**

*Armadura para el Extremo de una Viga*



- ① Barras horizontales en forma de U (tipo 2)
- ② Barras horizontales en forma de U (tipo 1)
- ③ Barra oblicua (tipo 4)
- ④ Barras de estructura (tipo 3A)
- ⑤ Estribos (tipo 5A)
- ⑥ Barras de estructura (tipo 3B)
- ⑦ Estribos (tipo 5B)

Las partes tienen secciones transversales irregulares:

- ✓ Cree la viga o zapata continua de hormigón.
- ✓ Calcule el área necesaria de armadura.

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Armadura extremo viga (79) para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 16**

## *Cuadro de Dialogo Armadura Extremo Viga*

Pestaña	Contenido
Dibujo	Espesor de recubrimiento de hormigón, distancias desde la superficie del hormigón hasta las barras, ángulo de barra 4
Barras	Dimensiones de barra de cada tipo de barra, que barras creas
Grupos	Número y separación de las barras en cada grupo de tipos de barras. Si la separación es variable, especifique cada valor individualmente.
Avanzado	En el cuadro de la lista Barra 4 seleccione Si para crear la barra Calidad, nombre, clase y propiedades de numeración de barras

*Fuente:* Elaboración propia

Utilice las siguientes opciones para crear barras en el área inferior del extremo de viga, en los planos horizontales (tipo de barra 1):

**Figura 136**

### *Opciones para Crear Barras*

Opción	Descripción	Opción	Descripción
	Dos barras en cada plano. Una en el centro del extremo de viga y la otra que se extiende a los lados de la viga.		Una barra en cada plano, en el centro del extremo de viga.
	Una barra en cada plano, extendiéndose a los lados de la viga.		Dos barras idénticas y superpuestas en cada plano.

*Fuente:* Elaboración propia

Para crear barras de **estructura verticales**, introduzca las dimensiones de:

- ✓ Barra 3A: para el área entallada de la viga.
- ✓ Barra 3B: para la parte superior de la viga.

Para crear estribos para extremos de viga, introduzca las dimensiones de:

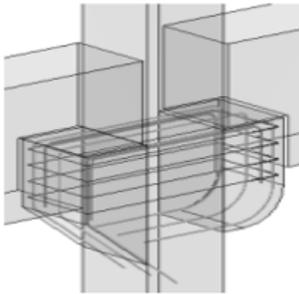
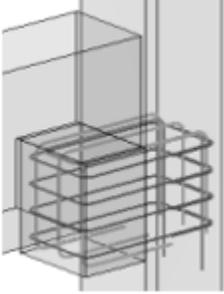
- ✓ Barra 5A: para el área entallada de la viga.
- ✓ Barra 5B: para la parte superior de la viga.

Crea armaduras para una o dos ménsulas de un pilar de hormigón. Las dos ménsulas deben tener el mismo nivel superior, espesor y ubicación horizontal.

- ✓ Barras principales
- ✓ Estribos
- ✓ Barras adicionales

**Figura 137**

*Armadura Ménsula*

Situación	Mas información
	<p>Dos ménsulas, biseladas y redondeadas, con el mismo nivel superior, espesor y ubicación horizontal.</p> <p>Dos barras adicionales que se entrecruzan</p> 
	<p>Una ménsula recta.</p> <p>Una barra adicional</p> 

*Figura:* Elaboración propia

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Armadura ménsula para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 17**

*Cuadro de dialogo Armadura mensual*

Pestaña	Contenido
Estribos	Distancias desde la superficie de hormigón a los estribos, longitud de los ganchos de los estribos, número, separación, calidad. Tamaño, nombre, clase y propiedades de numeración de los estribos
Barras adicionales	Distancias desde la superficie de hormigón a las barras adicionales, dimensiones, número, calidad, tamaño, nombre, clase y propiedades de numeración de las barras adicionales

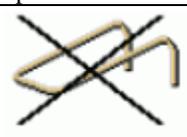
Pestaña	Contenido
Barras principales	Dimensiones, calidad, tamaño, nombre, clase, propiedades de numeración, número y separación de barras principales, distancias desde la superficie de hormigón a las barras

*Fuente: Elaboración propia*

Use estas opciones para definir el número de barras adicionales en las ménsulas:

**Figura 138**

*Barras Adicionales en Mensuales*

Opción	Descripción
	Sin barras adicionales
	Una barra adicional.
	Dos barras adicionales paralelas entre si
	Dos barras adicionales que se entrecruzan

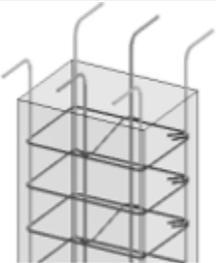
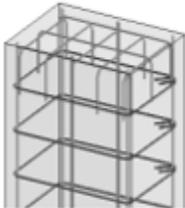
*Fuente: Elaboración propia*

Crea **armaduras para un pilar** de hormigón que tiene **sección transversal rectangular**.

- ✓ Barras principales longitudinales: barras de esquina (4), barras laterales
- ✓ Estribos
- ✓ Enlaces intermedios
- ✓ Armadura de extremo de pilar

**Figura 139**

*Armadura Pilar Rectangular*

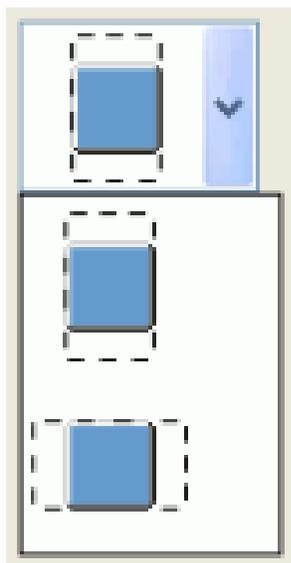
Situación	Más información
	<p>Barras principales plegadas fuera del pilar. Barras laterales en los lados largos. Los enlaces intermedios atan las barras laterales cada dos estribos.</p>
	<p>Barras laterales y de esquina rectas completamente dentro del pilar. Extremo de pilar reforzado</p>
<p>Extremos de pilar cortados o adaptados</p> <p>Separación de estribos exacta o variable</p>	

*Fuente:* Elaboración propia

En los **pilares cuadrados**, debe identificar los lados perpendiculares de un pilar si necesitan una armadura diferente. Use el cuadro de lista en la pestaña Dibujo para rotar toda la armadura 90 grados en un pilar cuadrado:

**Figura 140**

*Pilares Cuadrados*

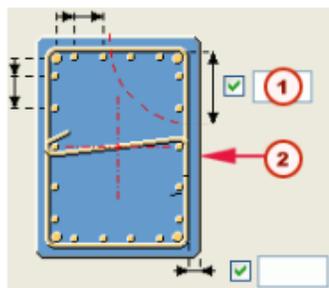


*Fuente:* Elaboración propia

Si tiene pilares rectangulares con secciones transversales muy grandes, las barras laterales pueden encontrarse a una gran distancia de las esquinas de los estribos. Tendrá que crear enlaces intermedios con el fin de atar todas las barras laterales y evitar que se deformen cuando estén en compresión.

**Figura 141**

## *Enlace de Pilar Intermedios*



- ① En la pestaña **Dibujo**, defina la distancia que va desde la esquina del estribo en la que los estribos atan las barras laterales
- ② Tekla Structures crea enlaces intermedios para atar barras laterales fuera de las esquinas de los estribos.

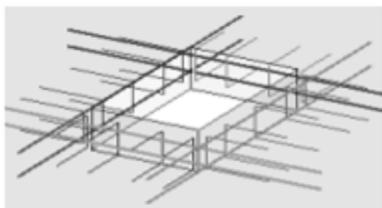
Crea un agujero en una losa o pared de hormigón y armaduras alrededor del agujero.

- ✓ Barras rectas a lo largo de los bordes del agujero
- ✓ Barras diagonales cerca de las esquinas del agujero
- ✓ Barras de borde con forma de U

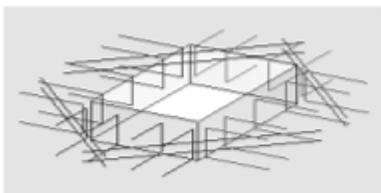
**Figura 142**

### *Armadura Agujero para Losas y Paredes*

Situación	Más información
Agujeros rectangulares en losas y paredes de hormigón	



Sólo barras rectas y de borde, sin barras diagonales.

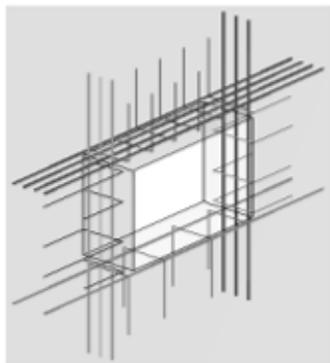


Sólo barras diagonales y de borde, sin barras rectas



Agujero rotado en la dirección de la losa. Una

barra diagonal en cada esquina



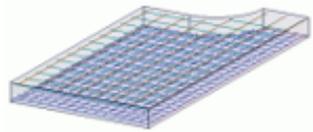
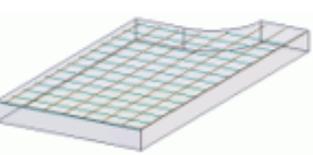
Diferente número de barras en cada lado del agujero en la pared. Sin barras diagonales.

Fuente: Elaboración propia

Crea **armaduras para una losa** de hormigón.

**Figura 143**

*Barras de Losas Principales*

Situación	Mas información
	Barras losa (18) crea armaduras para las superficies inferior y superior de la losa o para ambas. Consulte Propiedades de las armaduras de las losas (p.403)
	
	

Fuente: Elaboración propia

Use las siguientes pestañas del cuadro de diálogo Barras losa para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 18**

## *Cuadro de Dialogo Barras Losa*

Pestaña	Contenido
Dibujo	Espesor de recubrimiento de hormigón, barras que debe crea (inferior/superior/ambas), dirección de barra primaria
Barras inferiores	Calidad, tamaño, separación y tipo de generación de las barras inferiores
Barras superiores	Calidad, tamaño, separación y tipo de generación de las barras superiores
Atributos	Propiedades de numeración, nombre y clase de las barras

*Fuente:* Elaboración propia

Tekla Structures crea las armaduras de las losas con las propiedades del cuadro de diálogo Barras losa.

### **Tabla 19**

#### *Propiedades de las Armaduras de las Losas*

Campo	Descripción
Crear barras	Define en la superficie(s) que va a crear las barras. Las opciones son:  Ambos lados Lado inferior Lado superior
Dirección barra primaria	La dirección de las barras primarias. Úselo para cambiar la dirección de la barra. Las opciones son  Usar dir x lisa Usar dir y losa Usar dir x global Usar dir y global
Tipo generación barra	Define si Tekla Structures trata las barras como un grupo o como una malla

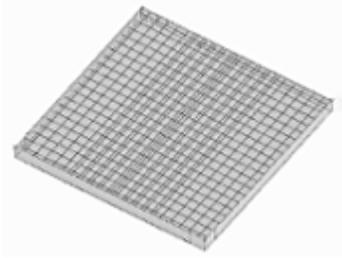
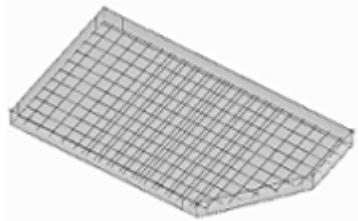
*Fuente:* Elaboración propia

- **Armaduras, grupos de armaduras y mallas**

Crea mallas de armaduras para una parte de hormigón completa o para un área poligonal definida

**Figura 144**

*Mallas de Armaduras*

Situación	Más información
	Matriz de malla rectangulares
	Matriz de mallas en un área poligonal definida. Las mallas se cortan para adaptarse al área definida

*Fuente: Elaboración propia*

Utilice las pestañas siguientes del cuadro de diálogo Malla armaduras en área para definir las propiedades de los objetos que crea este componente:

**Tabla 20**

*Cuadro de Dialogo Malla Armadura en Área*

Pestaña	Contenido
Dibujo	Tipo de malla, tamaño de la malla, valores de diámetro, separación y vuelos para las barras longitudinales y transversales, radio de plegado, espesor de recubrimiento.
Generación	Valores de solapamiento, valores de

## MANUAL DEL USO DEL TEKLA STRUCTURE PARA EL PROCESO DEL PREARMADO

generación de mallas

Atributos	Propiedades de numeración, nombre, material y clase de las mallas de armaduras.
-----------	---

*Fuente:* Elaboración propia

Para añadir la matriz de mallas de armaduras:

- ✓ A la parte entera, seleccione el punto inicial de la malla.
- ✓ Al área seleccionada, elija los puntos necesarios para definir la forma poligonal de

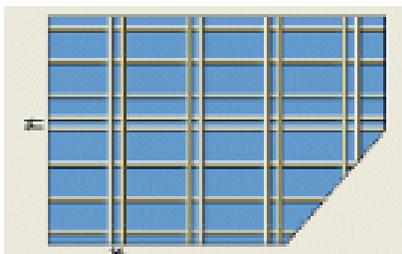
la malla.

Haga clic con el botón central del ratón para crear la matriz de mallas de armaduras.

Defina el solape mínimo y máximo de las armaduras longitudinales y transversales:

### Figura 145

*Generación de Mallas*

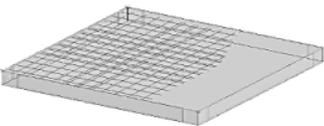


*Fuente:* Elaboración propia

Utilice las propiedades siguientes para definir la forma en que Tekla Structures debe crear la matriz de mallas:

### Figura 146

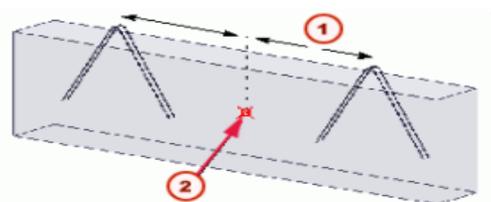
## *Propiedades de Generación de Mallas*

Propiedad	Opciones	Descripción
Tipo de malla	Rectángulo	Crea una matriz de mallas para partes rectangulares.
	Polígono	Crea una matriz de mallas poligonal, definida por los puntos que usted seleccione. 
Dirección generación	X, Yángulo de rotación	La dirección de generación. Para rotar la dirección de generación de mallas alrededor de un punto de alineación, introduzca un ángulo.
Ajuste	Borrar primera	Opciones que afectan a la forma en que se genera la matriz de mallas. Los valores de <b>Solape</b> también afectan a la forma en la que se genera la matriz de mallas.
	Borrar última	
	Borrar primera y última	
	Generar desde última	
	Generar desde primera	
Generar simétricamente		
Recorte exterior	Sí No	Seleccione <b>Sí</b> para recortar las mallas de forma que se adapten a la parte o al área seleccionada.

Crea dos anclajes de elevación (o grupos de anclajes) para una parte de hormigón y los coloca simétricamente a cada lado del centro de gravedad de la parte.

**Figura 147**

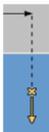
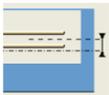
*Cuadro de Dialogo Malla Armadura en Area*



Las propiedades de los anclajes de elevación son:

**Figura 148**

*Propiedades de Anclaje de Elevación*

Campo	Descripción
Dimensiones anclaje	<p>Las opciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar valores de diálogo</li> <li>• Seleccionar de fichero, consulte <a href="#">Propiedades del anclaje desde un fichero</a> (p. 411).</li> </ul> <p>Tendrá que introducir diferentes dimensiones para diferentes tipos de anclaje.</p>
	<p>La distancia entre un anclaje (o grupo de anclajes) y el centro de gravedad de la parte. El valor por defecto es el 30% de la longitud de la parte.</p>
	<p>La distancia entre un anclaje (o grupo) y la línea central de la parte.</p>
Número de barras/separaciones	<p>El número y separación de los anclajes en un grupo. Si la separación, introduzca cada valor individualmente.</p>
Personalizado	<p>Consulte <a href="#">Componentes personalizados como anclajes de elevación</a> (p. 410).</p>
Configuración personalizada	<p>Opción para definir si los anclajes están rebajados en la parte. Consulte <a href="#">Crear rebajes para los anclajes de elevación</a> (p. 410).</p>
	<p>El ángulo de inclinación de los anclajes. Las cabezas de los anclajes están inclinadas hacia el centro de gravedad de la parte.</p>