

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

---

**TEMA:** “ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON UN SISTEMA ESTRUCTURAL LIVIANO (STEEL FRAMING)”.

---

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas.

**Modalidad de Titulación:** Proyecto de Titulación con Componentes de Investigación Aplicada y/o de Desarrollo

**Autor:** Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas

**Director:** Ing. Xavier Rolando Sánchez Sánchez, Phd.

Ambato – Ecuador.

2022

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El Tribunal Receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg., e Ing. Alex Xavier Frías Torres, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON UN SISTEMA ESTRUCTURAL LIVIANO (STEEL FRAMING)”, elaborado y presentado por el Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas, para optar por el Grado Académico de Magister en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.  
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

-----  
Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg.  
Miembro del Tribunal de Defensa

-----  
Ing. Alex Xavier Frías Torres, Mg.  
Miembro del Tribunal de Defensa

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON UN SISTEMA ESTRUCTURAL LIVIANO (STEEL FRAMING)”, le corresponde exclusivamente al: Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas, Autor, bajo la Dirección del Ing. Xavier Rolando Sánchez Sánchez, Phd., Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas

**AUTOR**

-----  
Ing. Xavier Rolando Sánchez Sánchez, Phd.

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas

C.C. 0503442246

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 General .....	3
1.3.2 Específicos .....	3
CAPÍTULO II .....	4
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	4
Acero formado en frio.....	6
Configuración del sistema. ....	6
Paneles de pared.....	12
Entrepisos.....	16
Modo de falla de los perfiles de Steel Framing. ....	19
Ensayo de tensión. ....	20
Dureza en aceros.....	21
Metalografía.....	22
Microscopia electrónica.....	22
Medición de espesores de recubrimiento.....	23
Capítulo III.....	24
3.1 Ubicación.....	24
3.2 Equipos y materiales.....	24
3.2.1 Equipos:.....	24

3.2.2	Materiales:.....	24
3.3	Tipo de investigación. ....	24
3.3.1.	Bibliográfica. ....	24
3.3.2.	Experimental.....	25
3.3.3.	Exploratorio. ....	25
3.3.4.	Descriptivo.....	25
3.3.5.	Explicativo.....	25
3.4	Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender.....	25
3.5	Población o muestra. ....	25
3.6	Recolección de información. ....	26
3.6.1	Diseño estructural.....	27
3.6.2	Ensayo de tensión.....	40
3.6.3	Análisis por Espectrometría de chispa. ....	41
3.6.4	Ensayo de metalografía. ....	42
3.6.5	Análisis microscópico. ....	46
3.6.6	Medición de espesores. ....	46
3.7	Procesamiento de la información y análisis estadístico. ....	46
3.7.1	Ensayo de tensión.....	46
3.7.2	Análisis por Espectrometría de chispa. ....	46
3.7.3	Ensayo de metalografía. ....	47
3.7.4	Análisis microscópico. ....	47
3.7.5	Medición de espesores. ....	47
3.8	Variables respuesta o resultados alcanzados. ....	48
3.8.1	Ensayo de tensión.....	48
3.8.2	Análisis por Espectrometría de chispa. ....	49
3.8.3	Ensayo de metalografía. ....	50
3.8.4	Análisis microscópico. ....	50
3.8.5	Medición de espesores. ....	51
Capítulo IV	.....	52
RESULTADO Y DISCUSIÓN	.....	52
Capítulo V	.....	56
5.1	Conclusiones.....	56
5.2	Recomendaciones.....	57
5.3	Bibliografía.....	58
5.4	Anexos.....	62

5.4.1	Propiedades seccionales del material. ....	62
5.4.2	Reportes de ensayos de tracción. ....	64
5.4.3	Reportes de análisis por Espectrometría de Chispa. ....	70
5.4.4	Ensayo de metalografía. ....	71
5.4.5	Reporte de análisis microscópico (Microscopia SEM). ....	139
5.4.6	Reporte del ensayo para medición de espesores. ....	145

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Tipos de tornillos.....	9
<b>Tabla 3-1:</b> Análisis sísmico para cálculo estructural. ....	27
<b>Tabla 3-2:</b> Espectro de diseño NEC-SE-DS-2015. ....	28
<b>Tabla 3-3:</b> Pre diseño de entrepisos para la estructura propuesta. ....	31
<b>Tabla 3-4:</b> Pre diseño de paredes para la estructura propuesta. ....	32
<b>Tabla 3-5:</b> Pre diseño de dintel para la estructura propuesta. ....	33
<b>Tabla 3-6:</b> Configuración de dintel para la estructura propuesta. ....	34
<b>Tabla 3-7:</b> Resumen de cargas aplicadas a la estructura. ....	35
<b>Tabla 3-8:</b> Derivas de piso sentido “X” y “Y”.....	37
<b>Tabla 3-9:</b> Ensayo de espectrometría de chispa. ....	42
<b>Tabla 3-10:</b> Requisitos para Composición química. ....	47
<b>Tabla 3-11:</b> Tabla de resultados del ensayo de metalografía. ....	47
<b>Tabla 3-12:</b> Ensayo de tensión muestras del grupo A.....	48
<b>Tabla 3-13:</b> Ensayo de tensión muestras del grupo L. ....	49
<b>Tabla 3-14:</b> Resultados promedio del ensayo de metalografía. ....	50
<b>Tabla 4-1:</b> Requisitos para Propiedades mecánicas. ....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1:</b> Estructura de una vivienda en Steel Framing .....	4
<b>Figura 2-2:</b> Perfiles y configuración de un panel.....	7
<b>Figura 2-3:</b> Anclaje permanente .....	10
<b>Figura 2-4:</b> Esquema de una losa de cimentación.....	11
<b>Figura 2-5:</b> Esquema de una zapata corrida.....	11
<b>Figura 2-6:</b> Esquema de un panel portante con vano.....	12
<b>Figura 2-7:</b> Esquema de unión de un panel en esquinas .....	13
<b>Figura 2-8:</b> Esquema de unión de un encuentro triple “T” .....	14
<b>Figura 2-9:</b> Esquema de unión de un encuentro cuádruple o en cruz. ....	14
<b>Figura 2-10:</b> Conformación de dintel.....	15
<b>Figura 2-11:</b> Conformación de dintel.....	16
<b>Figura 2-12:</b> Conformación de un entrepiso de SF.....	17
<b>Figura 2-13:</b> Conformación de una apertura de entrepiso en Steel Framing. ....	18
<b>Figura 2-14:</b> Esquema de Rigidización de un entrepiso en Steel Framing. ....	19
<b>Figura 2-15:</b> Ensayo de tracción. ....	20
<b>Figura 2-16:</b> Propiedades mecánicas en el ensayo de tracción. ....	21
<b>Figura 3-1:</b> Espectro de diseño.....	29
<b>Figura 3-2:</b> Planta Arquitectónica; vanos más críticos. ....	30
<b>Figura 3-3:</b> Secciones para paredes portantes y vigas de entrepiso.....	35
<b>Figura 3-4:</b> Secciones para Tracks de pared y vigas.....	36
<b>Figura 3-5:</b> Sección definida para dinteles en la estructura. ....	36
<b>Figura 3-6:</b> Sección definida fleje; arriostramiento. ....	36
<b>Figura 3-7:</b> Modelo matemático en software de elementos finitos.....	37
<b>Figura 3-8:</b> Mosaico Demanda-Capacidad para el diseño de vigas de entrepiso.....	38
<b>Figura 3-9:</b> Mosaico Demanda-Capacidad para montantes de paneles. ....	39
<b>Figura 3-10:</b> Geometría de la probeta. ....	40
<b>Figura 3-11:</b> Maquina universal para ensayo de tracción. ....	40
<b>Figura 3-12:</b> Ensayo de tracción. ....	41
<b>Figura 3-13:</b> Muestras cortadas del perfil de SF.....	43
<b>Figura 3-14:</b> Muestras cortadas del perfil de SF listas para encapsular.....	43
<b>Figura 3-15:</b> Muestra encapsulada con resina de poliéster + acelerante.....	43
<b>Figura 3-16:</b> Muestras encapsuladas listas para lijar y pulir.....	44
<b>Figura 3-17:</b> Muestras lijadas y pulidas tipo espejo, listas para ser visualizadas en el microscópico metalográfico. ....	44

<b>Figura 3-18:</b> Esquema para toma de muestras (1-5). .....	45
<b>Figura 3-19:</b> Esquema para toma de muestras (6-10). .....	45
<b>Figura 3-20:</b> Esquema para toma de muestras (11-15). .....	45
<b>Figura 4-1:</b> Mosaico Demanda-Capacidad modificando las propiedades del material. .....	54

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios, que con su infinita bondad me permite escalar este peldaño, quiero también agradecer de manera especial a las siguientes personas que me han apoyado en este paso de mi vida.*

*A mis padres, por su ayuda, guía y enseñanzas. Sin duda me dieron las herramientas para alcanzar mis metas y nunca declinar en seguir mis sueños.*

*A mi amada esposa, sin tu amor, paciencia, apoyo y comprensión, este logro que representa mucho en mi vida, no hubiera sido posible. Infinitas gracias por convertirte en el eje de mi vida, sabes cuanto te amo y el eterno agradecimiento que te tengo por todo lo que representas en mi vida.*

*Un profundo agradecimiento también al Ing. Xavier Sánchez, Phd, por las enseñanzas y el apoyo brindado en este trabajo.*

*A mis demás familiares, amigos, compañeros y docentes, que de diversa manera han aportado en la ejecución de esta investigación, en cada una de sus etapas.*

*Fredy Israel Alarcón Cárdenas*

## DEDICATORIA

*Este logro va dedicado a mi familia, mi esposa Ana Lucía y mis hijos Joaquín Elías y Bianca Carolina.*

*Amados hijos, cuando crezcan y lean esto, quiero que sientan el profundo amor que les tengo, y sepan que ustedes son mi motivación diaria para alcanzar esta y muchas metas más.*

*Nunca olviden que lo principal en la vida es la familia y los valores, siempre esfuércense por ser buenos, y cosechar muchos logros en su vida. Espero que Dios me permita guiar su camino y verlos triunfar.*

*Por y para ustedes amados hijos.*

*Fredy Israel Alarcón Cárdenas*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS  
METÁLICAS

**TEMA:**

“ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON UN SISTEMA ESTRUCTURAL LIVIANO (STEEL FRAMING)”

**AUTOR:** Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas

**DIRECTOR:** Ing. Xavier Rolando Sánchez Sánchez, Phd.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Ingeniería Industria y Construcción.

**FECHA:** agosto, 2022

**RESUMEN EJECUTIVO**

El desarrollo de la construcción civil lleva a sistemas de construcción industrializados y modernos. Uno de estos es el Steel Framing (SF), perfiles de acero conformados en frío galvanizado con cerramiento de paneles de tableros de cemento, madera o placas de yeso. En el entorno ecuatoriano existe preocupación acerca de la seguridad de sus componentes estructurales.

La demanda sísmica a la que está sometido el país, exige al segmento de la construcción innovar los sistemas constructivos, especialmente para el sector de las edificaciones residenciales, con el fin de realizar procesos constructivos de menor impacto ambiental y de mejor comportamiento sísmico resistente que garantice la seguridad de los ocupantes.

Los materiales utilizados en el sistema constructivo SF, carecen de confiabilidad en el mercado local, al encontrarse en un estado de comercialización discreto debido a su poca demanda y su limitado alcance de consumidores, que principalmente se compone de profesionales dedicados a proyectos inmobiliarios.

En este estudio se realizó el diseño estructural de una edificación residencial de 2 pisos, verificando las propiedades mecánicas del SF, realizando ensayos a sus principales elementos estructurales. Las muestras fueron extraídas de perfiles que se encuentran

en el mercado y fueron analizadas a través de ensayos mecánicos en diversos laboratorios del país. Durante las pruebas, se evaluó el comportamiento a la tensión, metalografía, dureza, composición química, microscopía electrónica y medición de espesores de recubrimiento.

Los resultados presentaron que los elementos estructurales que componen el sistema SF, cumplen con los requerimientos mecánicos solicitados por las normas de diseño de estructuras y su aplicación es factible en la edificación que se propuso, tomando en cuenta la buena calidad del material que se utiliza en la fabricación de los perfiles utilizados en este sistema constructivo.

Además de los resultados obtenidos numéricamente, es importante recalcar las ventajas que presenta el SF, en cuanto a peso de sus elementos (estructuras ligeras), rapidez en ejecución y buenas prácticas ambientales en el proceso constructivo.

**Descriptor:** acero laminado, diseño estructural, espesor galvanizado, dureza de acero, metalografía, propiedades mecánicas, sismo resistencia, sistema constructivo, steel framing, tensión del acero.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS  
METÁLICAS

**THEME:**

"ANALYSIS OF THE STRUCTURAL ELEMENTS USED IN THE DESIGN OF A TWO-STORY BUILDING WITH A LIGHT STRUCTURAL SYSTEM (STEEL FRAMING)".

**AUTHOR:** Fredy Israel Alarcón Cárdenas, Esq.

**DIRECTOR:** Eng. Xavier Rolando Sánchez Sánchez, Phd.

**LINE OF RESEARCH:** Engineering, Industry and Construction.

**DATE:** August, 2022

**EXECUTIVE SUMMARY**

The development of civil construction leads to industrialized and modern construction systems. One of these is Steel Framing (SF), cold-formed galvanized steel profiles enclosed by cement board, wood or gypsum board panels. In the Ecuadorian environment there is concern about the safety of its structural components.

The seismic demand to which the country is subjected requires the construction sector to innovate construction systems, especially for the residential building sector, in order to carry out construction processes with less environmental impact and better seismic resistant behavior that guarantees the safety of the occupants.

The materials used in the SF construction system lack reliability in the local market, since they are in a discrete commercialization state due to their low demand and limited consumer scope, which is mainly composed of professionals dedicated to real estate projects.

In this study, the structural design of a 2-story residential building was carried out, verifying the mechanical properties of SF by testing its main structural elements. The samples were extracted from profiles available in the market and were analyzed through mechanical tests in several laboratories in the country. During the tests, tensile

behavior, metallography, hardness, chemical composition, electron microscopy and coating thickness measurements were evaluated.

The results showed that the structural elements that make up the SF system meet the mechanical requirements requested by the structural design standards and its application is feasible in the proposed building, taking into account the good quality of the material used in the manufacture of the profiles used in this construction system.

In addition to the results obtained numerically, it is important to emphasize the advantages of the SF, in terms of weight of its elements (light structures), speed of execution and good environmental practices in the construction process.

**Keywords:** rolled steel, structural design, galvanized thickness, steel hardness, metallography, mechanical properties, seismic resistance, construction system, steel framing, steel tension.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Introducción

El sistema constructivo Steel Framing (SF), está conformado por perfiles de acero conformados en frío galvanizados con recubrimientos de tableros de fibrocemento, madera o placas de yeso. En conjunto con una cimentación apropiada, forman estructuras sismorresistentes aptas para usos residenciales o comerciales.

Todavía en el mercado ecuatoriano, hay reserva por parte de profesionales y propietarios, del uso de este sistema constructivo para sus edificaciones, esto, fundamentado en el desconocimiento generalizado de las nuevas prácticas constructivas en tendencia a nivel latinoamericano, continental y mundial.

La confiabilidad a los sistemas constructivos se basa en certificaciones de calidad, ensayos realizados en edificaciones existentes y tiempo de vida útil. Estos factores brindan a los usuarios y profesionales, niveles altos de confianza que se replican en la tipología tradicional en la construcción ecuatoriana por los sistemas aporticados (viga – columna).

Por lo expuesto, los componentes estructurales del SF, y las nuevas técnicas constructivas en general, necesitan incrementar su nivel de confianza hacia el usuario ecuatoriano, a través de estudios, ensayos y demostraciones que permitan visualizar, que la calidad del sistema y de sus componentes en general, cumplen con lo expuesto en manuales y catálogos de las casas comerciales.

Las propiedades mecánicas del sistema SF, son verificadas realizando ensayos a sus principales elementos estructurales. Las muestras son tomadas de un diseño estructural de un caso real, para analizarlas con ensayos mecánicos, que demuestren la calidad de los materiales.

El SF, necesita estudios de investigación, que demuestren y apalanquen sus principales ventajas, a beneficio de la industria de la construcción ecuatoriana, tomando en cuenta los diferentes factores de riesgo que el país tiene por naturaleza.

## 1.2 Justificación

La presente investigación muestra los beneficios y ventajas que presenta el Steel Framing en la construcción de edificios; A. Sarmanho and R. Moraes [1] mencionan que el SF está conformado por elementos estandarizados con tecnología moderna, se sustenta en la comprobada resistencia del acero, y el riguroso control en su producción, a esto, se suma el incremento de la vida útil al ser un acero galvanizado, su fácil manipulación para transporte y montaje, reducción en los plazos de construcción, y como aporte ambiental, se trata de procedimientos secos con materiales fácilmente reciclables.[2]–[4]

Por otro lado, R. Dannemann [5] indica, las fuerzas sísmicas inerciales son relativamente reducidas, las resistencias de los planos estructurales arriostrados contribuyen eficientemente a la estabilidad del conjunto y a su vez le confieren la ventaja adicional de una relativa alta rigidez, que en este caso es beneficiosa.

El SF utiliza materiales muy ligeros, que resisten de mejor manera las diferentes solicitaciones a las que está expuesta una estructura, como las eventualidades sísmicas, lo que lo convierte en un sistema seguro, a considerarse al momento de seleccionar la configuración estructural de una edificación. [6], [7]

El 16 de abril del 2016, en Ecuador, específicamente la región costa, provincia de Manabí, aconteció un sismo de 7.8 en la escala de Richter, que evidenció la vulnerabilidad de las construcciones tradicionales (formales e informales), y la falta de planificación para el desarrollo ordenado de las ciudades con el fin de evitar tragedias mayores en escenarios sísmicos como el ya sucedido. Además, corroboró la importancia de investigar para presentar alternativas modernas de construcción, para profesionales y usuarios, que necesitan un sustento técnico para diseños estructurales, y garantías técnicas de los materiales a utilizarse en las construcciones.[8]

En la actualidad ya existen en el país empresas que se dedican a la construcción de edificaciones con SF, e investigaciones previas que han comparado este sistema con sistemas tradiciones de hormigón armado y estructura metálica como Morocho [9], Lucero [10] y Cáceres [11]. Además, encontramos investigaciones que muestran la metodología y normas del diseño como Soto [12] y Carpio [13].

Es necesario impulsar una nueva visión al futuro y empezar a dar confianza a sistemas innovadores, que prestan todas las garantías para ser utilizados y explotados en el país. Con esta investigación, se busca afianzar un sistema constructivo eficiente como el SF, realizando un diseño estructural, junto con un análisis experimental de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en los elementos estructurales, que se consideran para la construcción y diseño de una edificación planteada. [14]

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

Realizar el diseño estructural y el análisis experimental de las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de una edificación planteada con el sistema estructural liviano (Steel Framing).

#### **1.3.2 Específicos**

- Realizar el diseño estructural de una edificación en el sistema Steel Framing, utilizando la normativa ecuatoriana y todas las referencias que en ella se encuentran para el correcto funcionamiento de este sistema constructivo.
- Encontrar mediante ensayos las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en los elementos estructurales de la edificación propuesta.
- Aportar a la industria de la construcción, con una investigación conjunta que analice el comportamiento estructural de la edificación y las propiedades mecánicas de los materiales utilizados.

## CAPÍTULO II

### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El SF es un sistema constructivo compuesto por perfiles formados en frío de acero galvanizado, que se emplean para la composición de paneles estructurales y no estructurales, vigas principales, secundarias y otros componentes. Por ser un sistema industrializado, agiliza la rapidez de ejecución. [15]

La interpretación de la expresión inglesa “Steel Framing”, “Steel = Acero” y “Framing” que deriva de “frame = estructura, disposición y construcción”. Puede definirse como un proceso en el que se forma una estructura de acero mostrada en la Figura 2-1, que se compone por varios elementos individuales unidos entre sí. Esta configuración resiste las cargas que solicita un edificio y su peso propio[1].



**Figura 2-1:** Estructura de una vivienda en Steel Framing.[1]

Fuente: Steel Framing Arquitectura, A. Sarmanho and R. Moraes, 2007, Pág. 33.

Para que el sistema sea funcional, todos los elementos de un denominado subsistema tienen que ser los adecuados, por lo que su velocidad de ejecución está directamente ligada a la selección de estos materiales y a la calidad de la mano de obra. [13]

El origen del SF, a pesar de que se considera como una tecnología nueva, remonta al inicio del siglo XIX. La abundante producción de acero en Norteamérica en el periodo post-Segunda Guerra impulso el proceso de fabricación de perfiles conformados en frío para sustituir a la madera, el acero ofrece mayores ventajas en resistencia a los

distintos fenómenos naturales. En la década de los 90, un 25 % de las edificaciones residenciales en los Estados Unidos se realizó con el sistema SF. A la par en Japón se utilizó ampliamente el sistema, incluso el gobierno prohibió el uso de la madera. [10]

En los países altamente industrializados en construcción civil, el SF es muy utilizado, sin embargo, en América Latina sigue prevaleciendo la construcción en métodos artesanales. [10]

Ventajas del uso del Steel Framing.

Los principales beneficios y ventajas de su uso son los siguientes: [1], [5]

- Los productos empleados son estandarizados con tecnología avanzada, utilizan materia prima avanzada la misma que pasa por rigurosos controles de calidad.
- El acero es un material resistente, que da mejor desempeño a una estructura.
- Facilidad de suministro de perfiles al ser una producción estandarizada.
- Al ser galvanizado, incrementa su durabilidad y vida útil.
- Facilidad de montaje, manejo y transporte al ser perfiles ligeros.
- Se trata de una construcción seca, lo que minimiza el uso de recursos naturales.
- Los perfiles son perforados previamente, lo que facilita las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias.
- Mediante la combinación de materiales, mejora el desempeño termo acústico.
- Facilidad de ejecución de las uniones.
- El acero es un material incombustible.
- El acero puede reciclarse varias veces, sin cambiar sus propiedades.
- Permite realizar diferentes diseños arquitectónicos, ya que no depende de pórticos.

Aplicaciones: [9].

- Residencias unifamiliares.
- Edificaciones residenciales y comerciales de varios pisos.
- Hoteles.
- Hospitales, clínicas y establecimientos educativos.
- Unidades modulares.
- Remodelaciones de todo tipo.

### **Acero formado en frío.**

Son elementos de acero que se Conforman a temperaturas menores que la temperatura de recristalización, se diferencian de otros elementos de acero como los laminados o soldados. [16]

La materia prima para perfiles SF son rollos de acero galvanizado, de espesores entre 0.4 y 2.6 mm de acero grado 33 y 50. El espesor es constante en toda sección y puede tener varios tipos de recubrimiento como zinc, aluzinc, aleación de magnesio entre otros. Sus principales virtudes a destacar son: alta relación entre resistencia u peso, mayor facilidad de manipulación, facilidad de fabricación, calidad consistente y buena tolerancia dimensional. [17][18].

### **Configuración del sistema.**

- **Configuración estructural.**

Sus elementos estructurales son alineados (in line Framing), esto es indispensable para que cada elemento aporte estructuralmente. Por esto, el sistema se compone de múltiples elementos esbeltos, en comparación a los elementos robustos de las estructuras tradicionales aporticadas. [19].

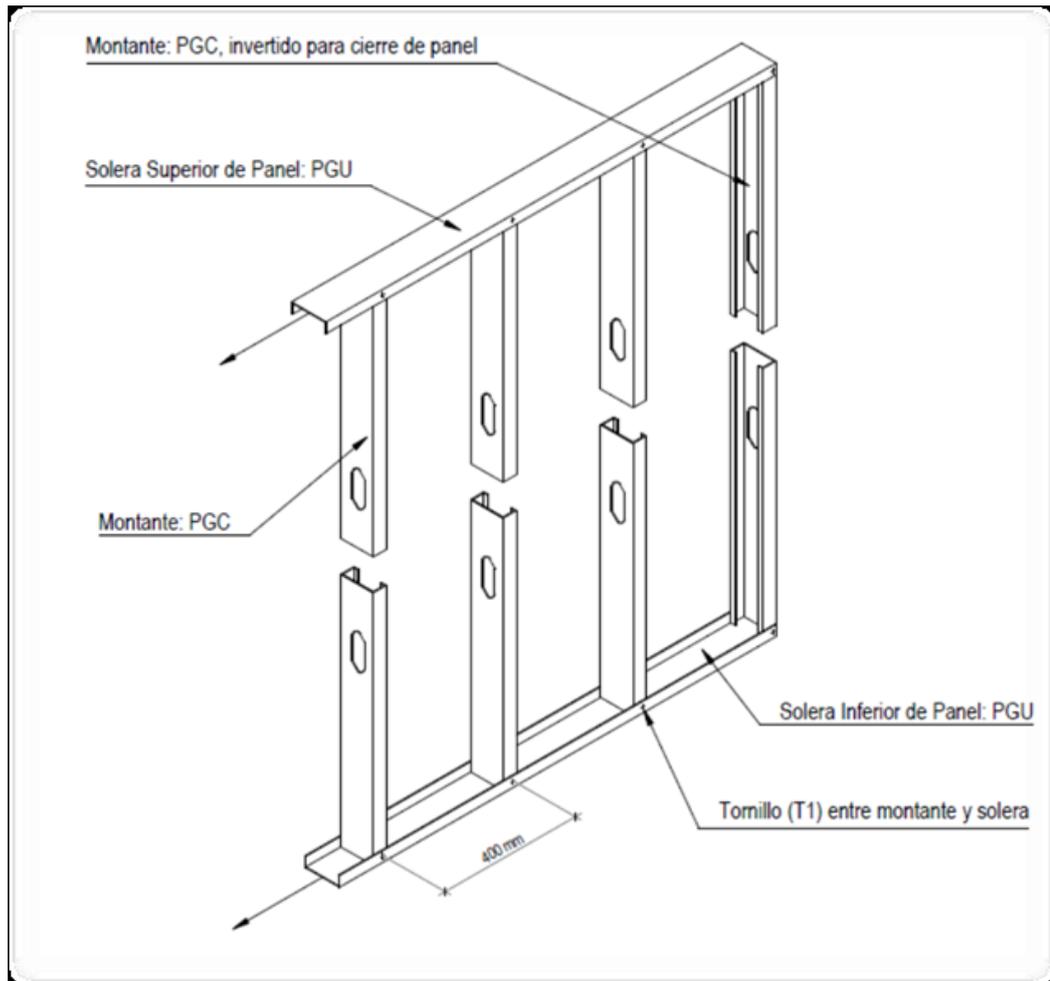
- **Perfiles del sistema.**

El sistema está constituido por dos tipos de perfiles como se muestra en la figura 2-2: Stud<sup>1</sup> (montantes, PGG o PGC) y Track<sup>2</sup> (solera, PGC o PGU). Estos perfiles pueden ser estructurales y no estructurales en función de si soportan o no cargas de diferentes tipos; los perfiles estructurales deben tener espesor superior a 0.89 mm y recubrimiento de zinc de 275g/m<sup>2</sup> y los perfiles no estructurales deben tener espesor superior a 0.45 mm (existen excepciones) y recubrimiento de zinc de 120 g/m<sup>2</sup>. [18] [20].

---

<sup>1</sup> Tomado del inglés, elemento estructural de SF que actúa como apoyo vertical o viga.

<sup>2</sup> Tomado del inglés, elemento estructural de SF que actúa como elemento de confinamiento.



**Figura 2-2:** Perfiles y configuración de un panel. [20]

Fuente: AISI, American Iron and Steel Institute. 2007, Pag 127.

- **Aislantes del sistema.**

Los materiales aislantes se colocan en las paredes y entrepisos para limitar el paso de ruido y calor / frío. Existen varios tipos de aislantes entre ellos: poliestireno expandido (EPS), poliuretano (PU), lana de vidrio, lana de roca, siendo estos los más utilizados en el sistema a nivel general. [17]

- **Revestimiento.**

Existe gran variedad de opciones interior y exterior, los mismos que se adhieren a la estructura a través de tornillos. El revestimiento interior más común son las placas de yeso, mientras que tenemos gran variedad de revestimiento exterior que dependerá en obra de la disponibilidad del material, el factor económico y el acabado final que se desee dejar en los proyectos, podemos mencionar los más comunes: placas de

fibrocemento, OSB (Oriented Strand Board<sup>3</sup>), sindind de fibrocemento, etc. Para todos los casos se deberá tomar las consideraciones para la cuantificación de los pesos que influirán en el cálculo estructural. [15].

- **Normativa y códigos.**

El sistema está amparado en normas Nacionales e internacional [15][5][1] como:

- NEC 2015.
- AISI S 100.- Especificación Norte Americana para el diseño de miembros estructurales formados en frio.
- AISI S 201.- Especificación de perfiles.
- AISI S 230.- Método para diseño de viviendas.
- AISI S 240.- Diseño Estructural.
- AISI S400.- Diseño Sísmico.
- INEN 2526.- Norma de perfiles.
- Manuales Alacero /ILAFA. - Manual de Ingeniería de Steel Framing y Manual de arquitectura de Steel Framing.

- **Fijación.**

Las fijaciones son: entre studs y tracks para el armado de paneles; entre paredes, entrepisos y cubierta para formar la estructura total; entre paneles y revestimientos; fijaciones temporales de paneles a cimientos y fijaciones permanentes de paneles a cimientos. La mayoría de estas uniones se las realiza con al técnico del atornillado, que es la unión por fijación de los hilos de la rosca con el material a unir. [15].

- **Tipo de tornillos.**

Las principales características que deben presentar los tornillos a utilizarse en el sistema es que sean auto perforantes, cincados (galvanizados) y que se rijan con la norma ASTM B1513, en la tabla 2-1 se aprecia los diferentes tipos y aplicaciones según las características de cada tornillo:

---

<sup>3</sup> Tomado del inglés, tablero de fibras orientadas de madera.

**Tabla 2-1:** Tipos de tornillos.

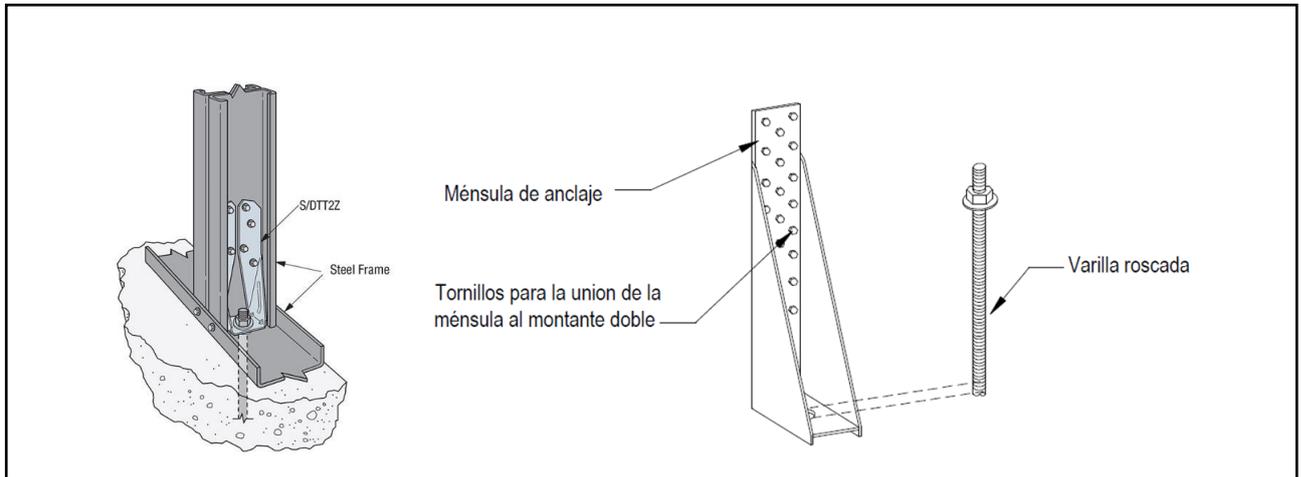
<p>Tornillo autoperforante para perfiles</p>	<p>Dimensiones: #10 (4.8 mm) x ¾", galvanizado. Uso: unión entre perfiles para formar paneles (PGG y PGC)</p>	
<p>Tornillo Hexagonal</p>	<p>Dimensiones: #10 (4.8 mm) x ¾", galvanizado. Uso: unión entre paneles, formar vigas I, rigidizadores y encuentros de cubiertas.</p>	
<p>Tornillo para fibrocemento con alas</p>	<p>Dimensiones: #8 (4.2 mm) x 1 ¼", galvanizado. Uso: fijar placas de fibrocemento a los perfiles de acero galvanizado</p>	
<p>Tornillo para placa de yeso</p>	<p>Dimensiones: #6 y #7 (3.50 y 3.84 mm)- Uso: fijar placas de gypsum a los perfiles de acero galvanizado</p>	

**Fuente:** AISI S100. [21].

○ **Anclajes.**

Para realizar los anclajes de la estructura total o de los paneles se diferencia dos tipos de anclajes los temporales y los permanentes, para los temporales se utiliza pernos auto perforantes o claves de acero que permitan anclar los paneles para la etapa de montaje, mientras que para los anclajes permanentes se pueden realizar antes de fundir la cimentación o se pueden colocar después de fundir la cimentación. Es más frecuente realizar anclajes permanentes luego de colocar el hormigón, para lo que se utiliza una varilla roscada con anclaje químico, un accesorio del sistema SF denominado Anclaje htt (heavy tensión tie<sup>4</sup>) que resiste una carga nominal de tensión de 5000 kg. En la figura 2-3 se precia la configuración de un anclaje permanente. [22].

<sup>4</sup> Tomado del inglés, elemento de alta tensión.



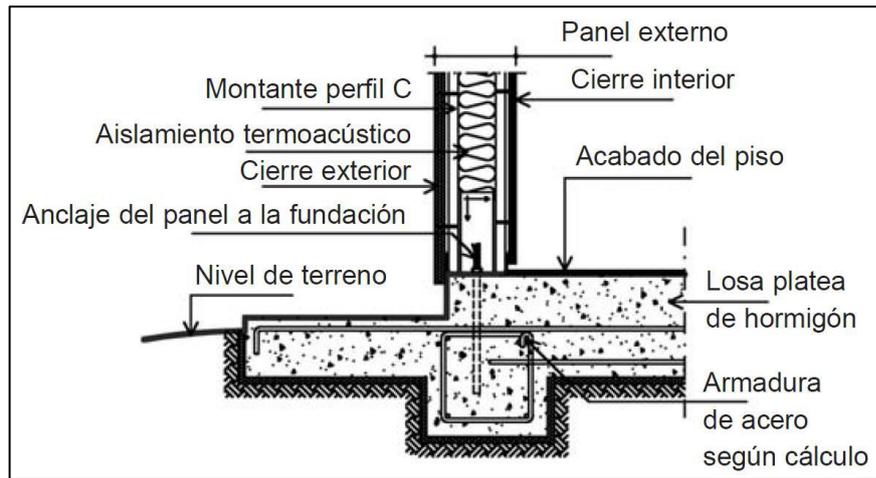
**Figura 2-3:** Anclaje permanente. [17].

Fuente: Manual de Recomendaciones para Construir con Steel Framing I. Instituto and D. Construcción, 2018, Pág. 42.

- **Fundaciones.**

Se conoce como fundaciones o cimentaciones a las bases de la edificación sobre la cual toda la carga se transmite al suelo. Para el SF, se puede utilizar todo tipo de cimentación tradicional con la consideración de que se puede disminuir volúmenes de cimentación gracias a la ligereza del sistema. Las consideraciones para elegir el tipo de fundación serán las condiciones del terreno (topografía, nivel freático existente, profundidad de estrato firme, etc) y los lineamientos de diseño en estética y capacidad. [23]

Los tipos de fundaciones para el sistema son la losa de cimentación y las zapatas corridas. La losa de cimentación son fundaciones superficiales que transmiten uniformemente las cargas de la estructura al terreno, su dimensionamiento está en función del cálculo estructural, esta alternativa se está convirtiendo en la opción más común y económica para emplearse, se puede apreciar un esquema explicativo en la figura 2-4. [24]

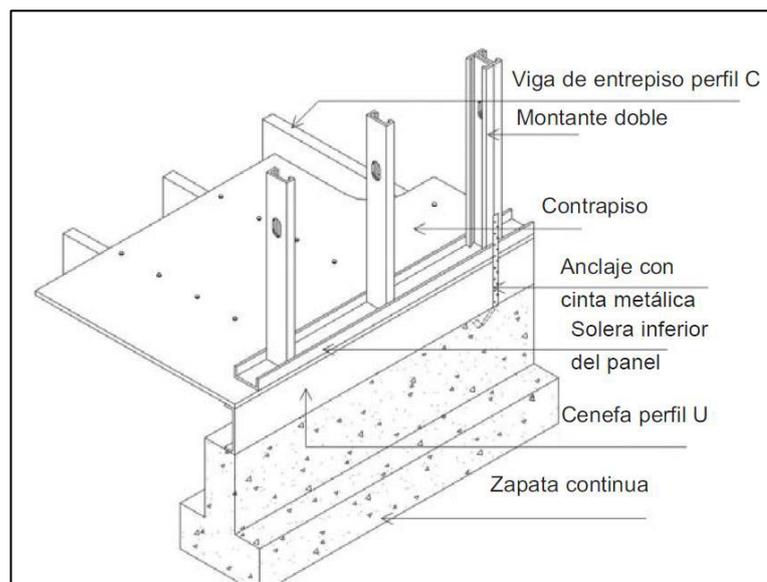


**Figura 2-4:** Esquema de una losa de cimentación. [24].

Fuente: Steel Framing Y SUS PRINCIPALES USOS EN URUGUAY, I. A. M. Sarmanho Freitas and R. C. Moraes de Crasto, 2015, Pág. 23.

La zapata corrida es adaptable al sistema ya que las cargas se distribuyen uniformemente a lo largo de las paredes portantes y se puede adaptar en planta baja un entrepiso de SF como se muestra en la figura 2-5. [25]

Para los diferentes tipos de fundación, es importante recalcar que la fijación de paneles con anclajes permanentes evita movimientos translaciones o de volcamiento debido a las cargas laterales por viento y sismo, para que el sistema cumpla con este requerimiento de fijación se utiliza el HTT junto con el perno de anclaje necesario.



**Figura 2-5:** Esquema de una zapata corrida.[25]

Fuente: Manual de Cimentaciones Zapatas, G. J. Botero, 2019, Pág. 18.

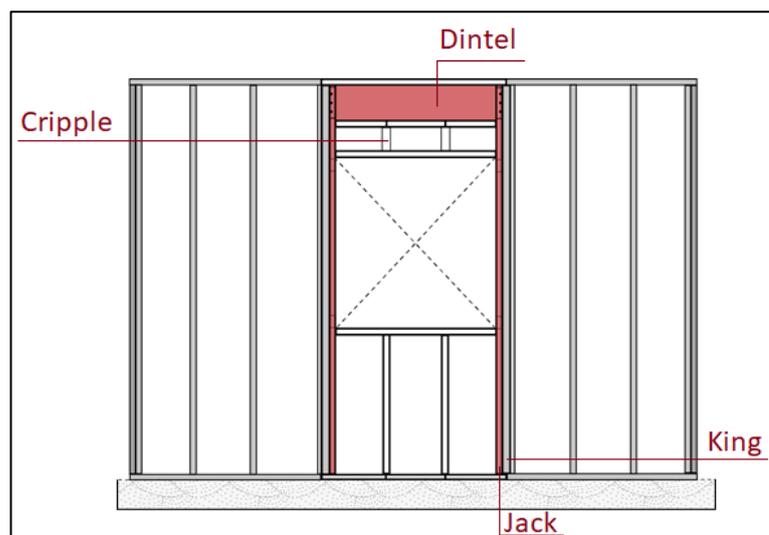
## Paneles de pared.

Los paneles en el sistema SF son portantes y no portantes, están compuestos por studs y tracks. Los Stud se colocan de forma vertical y definen la altura de la pared o panel, y el Track une los Studs en sus extremos.

- **Paneles portantes.**

En paneles portantes el espaciamiento está en función de las dimensiones de los revestimientos (1220x2440), los espaciamientos típicos utilizados son 305mm – 407mm – 610mm, teniendo en consideración que, a mayor separación, mayor será la carga que soporta el perfil. En paneles portante los studs de planta sucesiva deben estar alineados, para transmitir cargas verticales a la cimentación y soportar cargas perpendiculares de las paredes. [19]

Los paneles portantes pueden ser ciegos o con vanos, siendo los paneles portantes ciegos los que no poseen ningún tipo de abertura, por ende, sus cargas se transmiten sin interrupciones; y los paneles portantes con vanos los que poseen aberturas (puertas y ventanas), mismas que generan interrupción en la transición de las cargas en los studs, por lo que necesariamente necesitan elementos extras para cumplir con su función estructural. Estos elementos son los Jacks, Kings, Dinteles (headers) y Cripples, mismos que en la figura 2-6 podemos apreciar su disposición. [15]



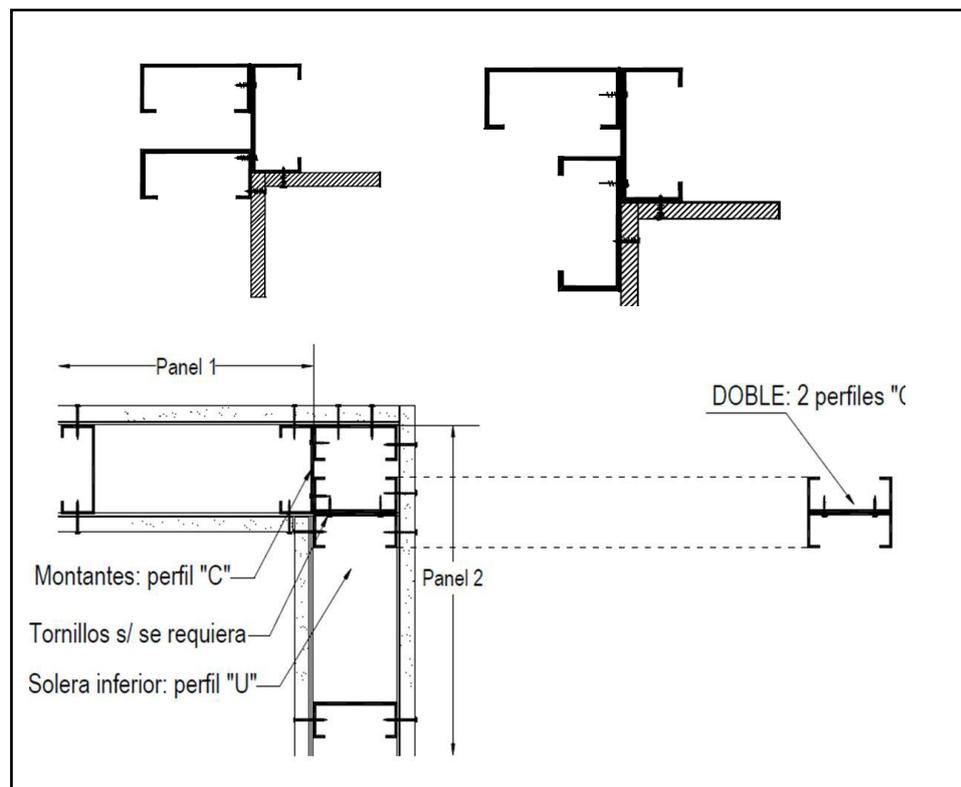
**Figura 2-6:** Esquema de un panel portante con vano. [15].

Fuente: STEEL FRAMING MANUAL DE APOYO, CUARTA EDI. BUENOS AIRES - ARGENTINA, E. Wehling, 2017, Pág. 21.

- **Paneles no portantes.**

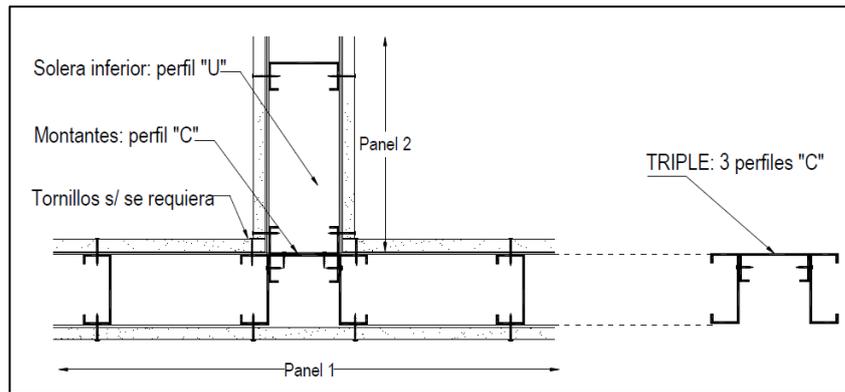
Son paneles que soportan únicamente su propio peso y el de sus revestimientos, no reciben ni transmiten cargas verticales, se componen de los mismos perfiles de los paneles portantes y no necesitan reforzar ni emplear elementos extras en el caso de aberturas. [15].

En los paneles de pared podemos apreciar diversos tipos de configuraciones en función de su ubicación, en la figura 2-7, 2-8 y 2-9, se muestran las opciones que facilitan las diferentes normativas y manuales.



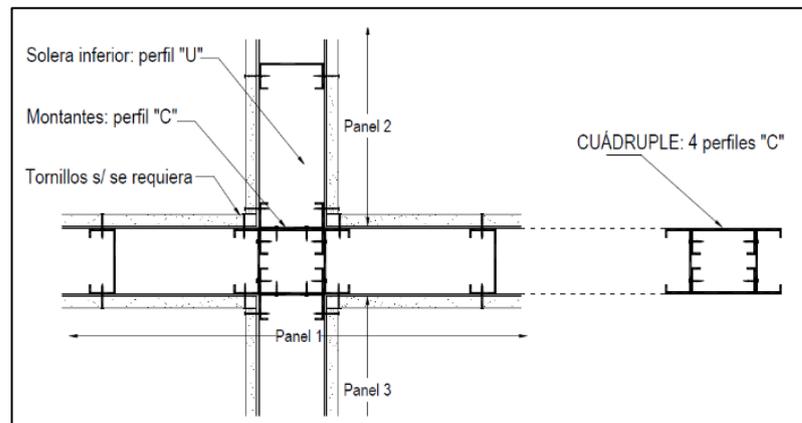
**Figura 2-7:** Esquema de unión de un panel en esquinas. [15].

Fuente: STEEL FRAMING MANUAL DE APOYO, CUARTA EDI. BUENOS AIRES - ARGENTINA, E. Wehling, 2017, Pág. 22.



**Figura 2-8:** Esquema de unión de un encuentro triple “T”. [15].

Fuente: STEEL FRAMING MANUAL DE APOYO, CUARTA EDI. BUENOS AIRES - ARGENTINA, E. Wehling, 2017, Pág. 23.

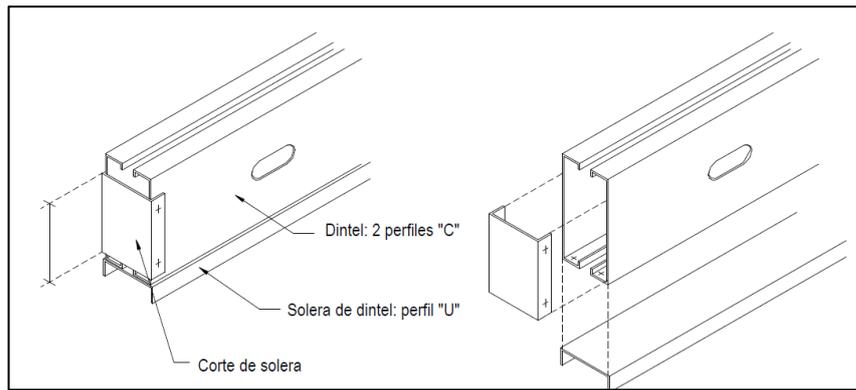


**Figura 2-9:** Esquema de unión de un encuentro cuádruple o en cruz. [15].

Fuente: STEEL FRAMING MANUAL DE APOYO, CUARTA EDI. BUENOS AIRES - ARGENTINA, E. Wehling, 2017, Pág. 23.

○ **Dintel.**

En paneles portantes con aberturas es necesario usar elementos como el Dintel, que se define como una pieza pre armada, compuesta por studs y tracks, se coloca horizontalmente por sobre el vano del panel portante, ya que su función es desviar las cargas verticales interrumpidas. En la figura 2-10 se aprecia un esquema de conformación de este elemento. [17]



**Figura 2-10:** Conformación de dintel. [17]

Fuente: Manual de Recomendaciones para Construir con Steel Framing, I. Instituto and D. Construcción, 2018, Pág. 35.

El **Jack** se usa como apoyo inferior del dintel, mientras que, el **King** es el apoyo lateral del dintel, y a la vez, el **Cripple** delimita la abertura por encima o por debajo del vano de la abertura, mírese la figura 2-6. [15]

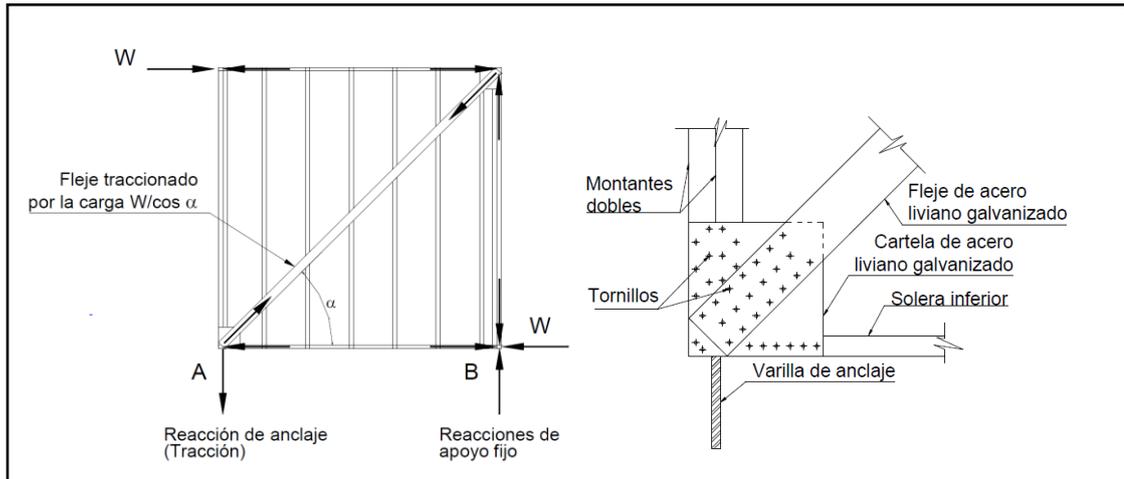
- **Rigidización.**

Los paneles del sistema SF no son capaces de absorber o disipar cargas horizontales debido a sus conexiones atornilladas, por lo que tienen que ser rigidizados para transmitir las cargas laterales a los cimientos. Existen varios métodos, entre ellos: el arriostramiento en “X” con cruz de San Andrés, revestimiento con placas OSB y revestimiento con chapa de acero. Para no encarecer las estructuras y buscando sistemas funcionales sin importar el revestimiento como elemento rigidizador, en varias recomendaciones técnicas se plantea el uso de flejes metálicos en X. [19].

Se deben rigidizar todas las paredes perimetrales, al ser por revestimiento, el porcentaje de la longitud de pared que debe rigidizarse se lo determina mediante un cálculo planteado en la norma AISI S230; de igual forma el número de cruces de San Andrés también se determina en función de un cálculo. [26]

- **Arriostramiento en X.**

Son flejes de chapa de acero ubicados en cruz y tensados, evitan efectos de rotación y desplazamientos como se indica en la figura 2-11. Se recomienda su instalación en un ángulo de inclinación comprendido entre los 30 y 60 grados, deben estar tensadas al colocarse para evitar que el panel se deforme primero, se utiliza en accesorio llamado cartela para proveer el área suficiente de fijación y se pueda transmitir las cargas. [22]



**Figura 2-11:** Conformación de dintel. [15].

Fuente: STEEL FRAMING MANUAL DE APOYO, CUARTA EDI. BUENOS AIRES - ARGENTINA, E. Wehling, 2017, Pág. 32.

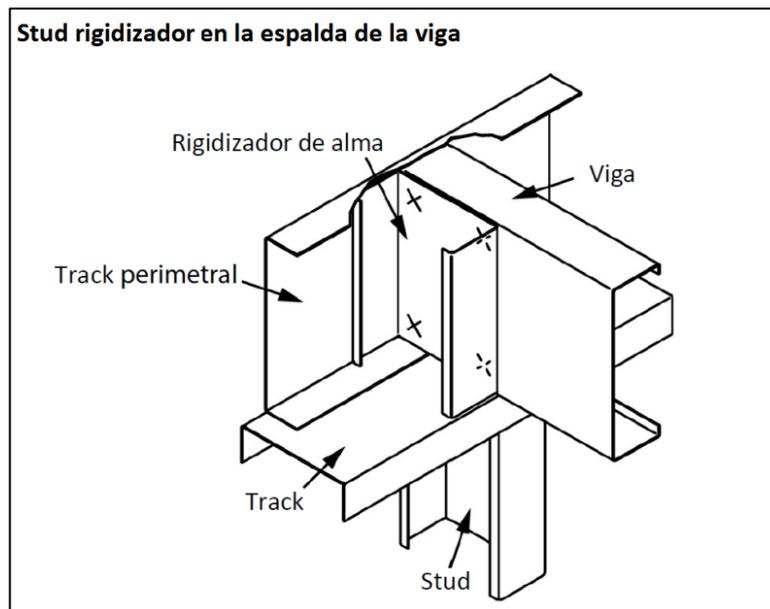
Adicional al arriostramiento lateral, en el sistema se propone un arriostramiento horizontal como alternativa para mitigar las fallas por flexo-torsión, esto se lo consigue con los elementos llamados Strapping y Blocking<sup>5</sup>, que se configuran como apoyo estructural a los perfiles esbeltos que componen el sistema SF. [19].

### **Entrepisos.**

En la configuración estructural del sistema SF, las vigas transmiten la carga al Stud del panel que le sirve de apoyo. La modulación de las vigas depende de las solicitaciones que actúan en el entrepiso, se debe emplear la misma modulación que se empleó para los paneles. En ciertos casos se debe colocar rigidizadores de alma en los puntos de apoyo de las vigas, estos elementos son pedazos de Studs de igual altura que las vigas que se une con tornillos para evitar la abolladura del alma (Web crippling<sup>6</sup>) por concentración de esfuerzos. Mírese la figura 2-12. [12]

<sup>5</sup> Tomado del inglés, elementos track que se utilizan para arriostramiento lateral.

<sup>6</sup> Tomado del inglés, abolladura del alma.



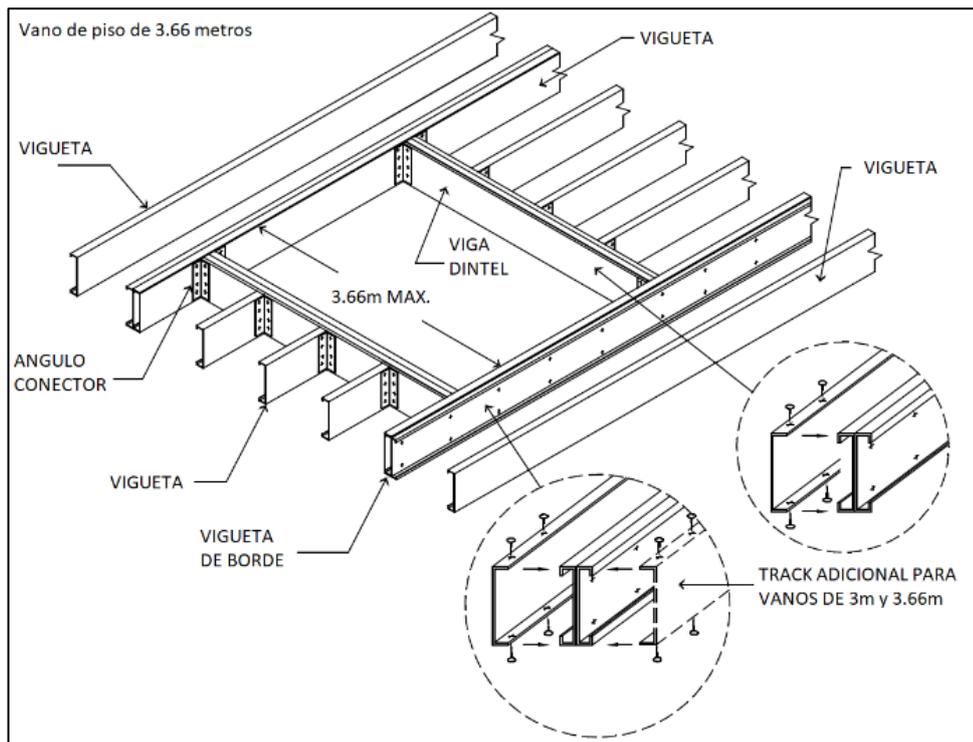
**Figura 2-12:** Conformación de un entrepiso de SF. [12], [19].

Fuente: Construcciones en Steel Framing Edición 2015, PRIMERA., no. 011. BUENOS AIRES - ARGENTINA: INCOSE Instituto de la Construcción en Seco, A. AISINA, 2015, Pág. 29.

Es recomendable que la orientación de las vigas sea en la dirección de menor distancia entre apoyos, con el fin de optimizar las secciones de los perfiles. También, se tiene la posibilidad de realizar vigas compuestas con el objetivo de vencer limitaciones estructurales de perfiles solos. En el proceso constructivo se debe cumplir las condiciones de apoyo asumidas en el cálculo. [11], [19].

- **Vanos de entrepisos.**

Permiten el acceso entre plantas, en esta condición se debe generar nuevos apoyos para las vigas interrumpidas, estos apoyos descargan sobre las vigas que definen el perímetro del vano como indica la figura 2-13. Las vigas sobre las cuales descargan los nuevos apoyos se reemplazan por vigas compuestas que sean capaces de resistir las cargas. Las aperturas de entrepisos están normadas según la AISI S230-15, y deben tener el respaldo de un cálculo estructural. [19] [26].

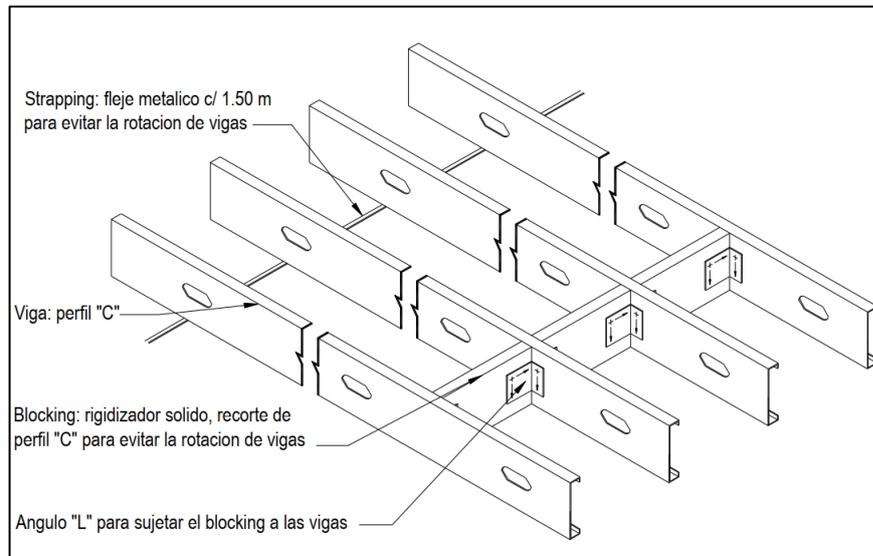


**Figura 2-13:** Conformación de una apertura de entrepiso en Steel Framing. [26].

Fuente: Steel Framing Y SUS PRINCIPALES USOS EN URUGUAY, A. M. Sarmanho Freitas and R. C. Moraes de Crasto, 2015, Pág. 37.

○ **Rigidización de entrepisos.**

En entrepisos, el sustrato que va sobre la estructura actúa como rigidizador permanente ya sea este un entrepiso seco o húmedo, por ejemplo, la placa deck va atornillada a la viga de entrepiso y funciona como un diafragma, de igual forma las placas de fibrocemento u el OSB. Otra alternativa es la utilización de Blocking y Strapping, evitan el pandeo lateral por torsión, deformación y vibración en las vigas, además, reducen los esfuerzos y la carga se distribuye de mejor manera. El arriostramiento superior es el sustrato, y para el inferior se debe agregar un rigidizador Blocking, que es un recorte de perfil PGC colocado en forma perpendicular a las vigas y fijado con un soporte en “L”. véase la figura 2-14. [17]



**Figura 2-14:** Esquema de Rigidización de un entrepiso en Steel Framing. [19].

Fuente: Construcciones en Steel Framing Edición 2015, PRIMERA., no. 011. BUENOS AIRES - ARGENTINA: INCOSE Instituto de la Construcción en Seco, A. AISINA, 2015, Pág. 38.

### **Modo de falla de los perfiles de Steel Framing.**

A tracción, los elementos que componen los perfiles (alma, patines y rigidizadores) se comportan de manera convencional, es decir llegarán a la fluencia y aparecerá la rotura. En el caso de la compresión los perfiles o parte de ellos aparecen diversos modos falla asociados al pandeo. En la sección F de la norma AISI S100 [21], dicta que los modos de falla de los perfiles a flexión son:

- Torsión.
- Corte.
- Fluencia y pandeo local.
- Pandeo distorsional.
- Pandeo por torsión lateral.
- Abolladura del alma.

El modo de falla de los perfiles a compresión es:

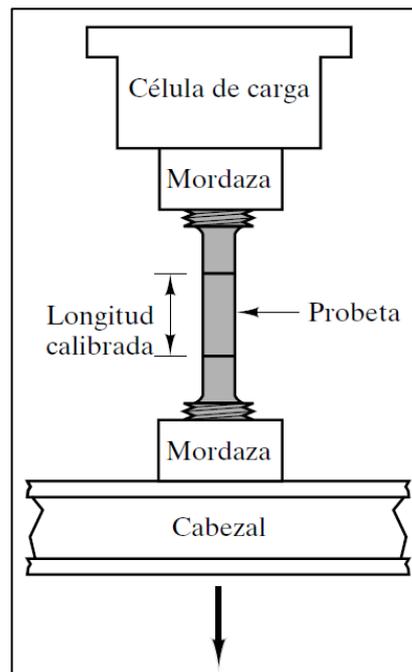
- Abolladura del alma (web crippling).

Los modos de falla de columnas, que indica la norma AISI S100 sección E [21], son:

- Pandeo global y local.
- Pandeo distorsional.

### Ensayo de tensión.

Las interrogantes más frecuentes al momento de elegir un material estructural, están enfocados en su resistencia y deformación al aplicarle cargas. Para conocer estos datos es necesario realizar un ensayo de tracción, mírese figura 2-15, que consiste en someter a una probeta del material a tracción con velocidad constante e ir registrando el alargamiento generado. [16]



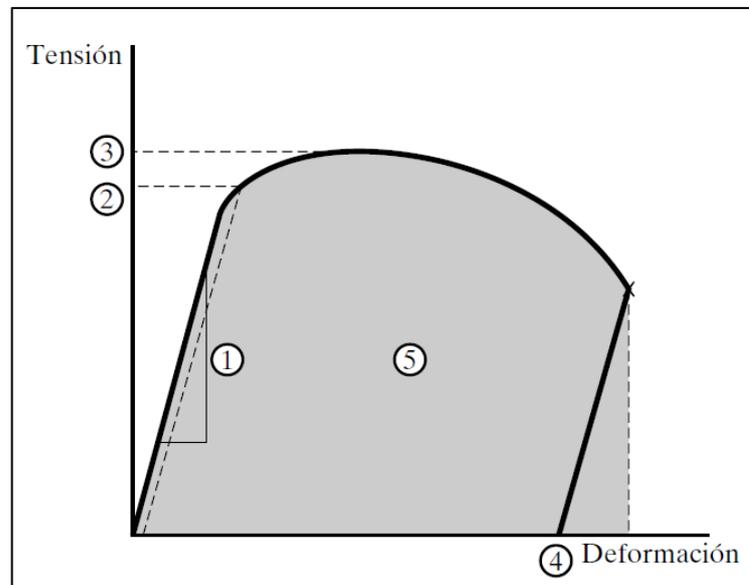
**Figura 2-15:** Ensayo de tracción. [27].

Fuente: Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros, J. F. Shackelford, Pág. 167.

Las deformaciones que se generan son elásticas y plásticas. Las deformaciones elásticas no son permanentes, las propiedades se recuperan al retirar la carga, se conoce también como el tramo lineal inicial de la curva tensión – deformación. Las deformaciones plásticas son permanentes, no recuperan sus propiedades al retirar la carga, es un tramo no lineal resultante de superar el límite de la deformación elástica en la curva. [27]

En la figura 2-16, se aprecia las propiedades mecánicas que se observan en el ensayo de tracción, entre ellos: el **módulo elástico (1)**, que se define como la pendiente de la curva tensión-deformación, en el rango elástico, además, representa la rigidez del material; el **límite elástico (2)**, que representa la resistencia del material a la

deformación permanente; la **resistencia a la tracción (3)**; la **ductilidad (4)** y la **tenacidad (5)**. [28]



**Figura 2-16:** Propiedades mecánicas en el ensayo de tracción. [27].

Fuente: Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros, J. F. Shackelford, Pág. 167.

### **Dureza en aceros.**

Se define como la resistencia a la deformación plástica localizada. Con el tiempo se han desarrollado técnicas cuantitativas de dureza, que consisten en introducir un pequeño penetrador, forzándolo sobre la superficie del metal a ensayar con cargas y velocidad controlada. El resultado se obtiene de relacionar la profundidad de la huella, con un número de dureza, es decir a mayor profundidad de penetración, menor el número de dureza del metal. [29]

Los ensayos de dureza son los siguientes: **Dureza Rockwell:** los penetradores son bolas esféricas de acero endurecido y un penetrador cónico de diamante para materiales más resistentes, basándose en la magnitud de la carga se divide en ensayo rockwell y rockwell superficial, para su medición se utiliza varias escalas. **Dureza Brinell:** utiliza un penetrador esférico de acero o de carbono de tungsteno, se realiza con cargas y tiempos normalizados, se mide en escala única. **Microdureza Vickers y Knoop:** su nombre debido a la magnitud de la carga y el tamaño del indentador, es conveniente para pequeñas secciones de la superficie de la muestra, el penetrador es pequeño y piramidal. [30]

Existe una correlación entre dureza y la resistencia a la tracción, ambos son indicadores de la resistencia de un metal ante la deformación plástica, es decir son propiedades en gran escala proporcionales. Además, los ensayos de dureza son más económicos y no necesitan una preparación especial de muestras, se lo considera un ensayo no destructivo y sirve para estimar la resistencia a la tracción a partir de sus resultados. [31]

### **Metalografía.**

Se define como la ciencia que investiga las características estructurales de un metal o de una aleación de metal, asociándolas con sus propiedades mecánicas y físicas. Algunas de las características estructurales que pueden modificar de manera agresiva las propiedades mecánicas y el comportamiento de un metal son: el tamaño de grano, presencia de segregaciones y otras irregularidades, distribución y forma de las fases para la aleación y las inclusiones no metálicas.[32]

Un examen metalográfico se convierte en un gran suministro de información, para su aplicación es necesario el uso de un microscópico metalográfico con aumentos que varían entre 50X y 2000X, y su objetivo es determinar la integridad de un metal en un tiempo determinado de su vida. La integridad de un material se determina por la continuidad o discontinuidad de la masa metálica, si el metal carece de discontinuidades físicas macroscópicas, es un material metálico íntegro o continuo. [33]

Entre las discontinuidades más comunes tenemos: sopladuras, fisuras, inclusiones no metálicas, micro cavidades de contracción, entre otros, que afectan la integridad de los materiales metálicos.

Se recomienda realizar el examen metalográfico de manera preventiva, es decir, su fin es anticipar posibles fallas en el servicio, o de ser el caso, después de darse una falla en el trabajo, establecer las causas de las mismas. Este examen facilita realizar un diagnóstico y un pronóstico, para adelantarse a resultados prácticos de la vida útil del metal.[34]

### **Microscopia electrónica.**

Se realiza con un microscopio electrónico de barrido o SEM, que utiliza un haz de electrones para formar una imagen. Presenta gran profundidad de campo, la misma

que permite enfocar gran parte de la muestra, produciendo imágenes de alta resolución. La preparación de la muestra es relativamente fácil, ya que solo se requiere que la misma sea de un material conductor, de no serlo, es necesario metalizar su superficie.[35]

En el estudio de materiales, este ensayo permite: la caracterización de los mismos; identificación, análisis y transición de fases en varios materiales como metales, cerámicos, polímeros y minerales; tamaño de grano y composición de superficies; deterioro de materiales; presencia de defectos; determinación del grado de cristalinidad e identificación del tipo de degradación (fatiga, corrosión, entre otros). [36]

### **Medición de espesores de recubrimiento.**

No existe una única técnica para la medición de espesores de recubrimiento, la aplicabilidad de cada técnica está en función del material base y del recubrimiento aplicado al mismo. El principio más común utilizado para medir cualquier parámetro está en buscar fenómenos físicos y químicos reproducibles, que sean implementables de forma numérica. Los casos más habituales, son la medición de espesores de recubrimiento que eviten la corrosión de materiales férricos. [37]

Uno de los ensayos no destructivos de mejor aplicabilidad es el MEU (medidor de espesores por ultrasonido), se lo realiza en campo y no necesita mayor preparación de las muestras. El principio de este consiste, en la medición del tiempo de vuelo de una señal acústica, que viaja por la pared que se desea medir y se refleja en la frontera de esta. Requiere de una adecuada calibración de los equipos y tiene un rango de sensibilidad de los resultados obtenidos. [38].

## **Capítulo III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Ubicación**

La presente investigación se realizará en la provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Barrio Eloy Alfaro.

La fase experimental de ensayo de los diferentes componentes del sistema Steel Framing, se realizará en diversos laboratorios de ensayos de materiales del país en base al requerimiento técnico.

#### **3.2 Equipos y materiales.**

##### **3.2.1 Equipos:**

Un computador con diferentes programas especializados en diseño estructural y programas para el procesamiento de información.

##### **3.2.2 Materiales:**

En la presente investigación se utilizará los diferentes materiales y equipos de diversos laboratorios del país como:

Laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, en la ciudad de Ambato.

Laboratorios de mecánica de la Politécnica Nacional, en la ciudad de Quito.

Laboratorio de ciencia de materias y mecánica de materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en la ciudad de Quito.

Y otros laboratorios o instituciones de ser necesario.

- Materiales adicionales:

Herramientas para la determinación de las propiedades mecánicas del Steel Framing.

#### **3.3 Tipo de investigación.**

##### **3.3.1. Bibliográfica.**

La presente investigación se la realizara basándose en información extraída de tesis, libros, manuales, artículos y normas, que serán el sustento de los argumentos aquí expuestos.

### **3.3.2. Experimental.**

La presente investigación, pone mayor énfasis en el análisis de las propiedades mecánicas de los elementos estructurales a utilizarse en un sistema estructural liviano (Steel Framing), por lo que será necesario la realización de una serie de ensayos físicos, químicos y mecánicos.

### **3.3.3. Exploratorio.**

Al tomar como alternativa un sistema estructural no nuevo a nivel mundial, pero que en el país ya se lo empieza a introducir, ingresamos en una fase exploratoria, que tiene como fin, incrementar la confiabilidad de constructores y usuarios, en nuevos sistemas constructivos futuristas que permitan innovar la industria.

### **3.3.4. Descriptivo.**

La presente investigación permitirá, generar resultados de ensayos físicos, químicos y mecánicos a los elementos estructurales de un diseño con el sistema constructivo Steel Framing.

### **3.3.5. Explicativo.**

Se expondrá todos los resultados obtenidos tanto de los ensayos químicos, físicos y mecánicos de los elementos estructurales, como del diseño sismo resistente de la edificación, esto con el propósito de dejar una herramienta que permita impulsar el avance tecnológico de las construcciones no tradicionales en el país, y a su vez que fomente a que más profesionales de la ingeniería sigan investigando e innovando por el bien de la industria constructiva del Ecuador.

## **3.4 Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender**

Es factible la implementación de un sistema estructural alternativo en el Ecuador.

## **3.5 Población o muestra.**

### **Población.**

La población para la presente investigación serán todos los componentes estructurales que se utilizan para la construcción de una edificación de dos pisos con el sistema constructivo Steel Framing.

## **Muestra**

Se ensayarán y analizarán las propiedades mecánicas de los elementos que por su aplicabilidad constante e importancia en la estabilidad de la estructura se los considera como elementales para dar un criterio general de la calidad de los componentes analizados, estos son:

- Perfil montante, viga o Stud:

**PGC 203x41x13x1.2.** Para entresijos. (1 Perfil).

**PGC 140x41x0.93.** Para paneles o paredes. (1 Perfil).

- Perfil solera o Track.

**PGU 140x38x0.93.** Para paneles o paredes. (1 Perfil).

Nota:

Por la carencia comercial de los perfiles catalogados, en virtud, que la producción del material, se realiza bajo pedidos grandes para edificaciones completas, se realiza la adquisición de materiales de similares características geométricas a los solicitados que se encuentran en disponibilidad comercial. Tomando en cuenta que el material de fabricación es el mismo para todos los perfiles.

- Perfil montante, viga o Stud (ADQUIRIDO):

**PGC 203x41x13x1.5.** Para entresijos. (1 Perfil).

**PGC 102x41x13x0.93.** Para paneles o paredes. (1 Perfil).

- Perfil solera o Track (ADQUIRIDO).

**PGU 102x38x0.93.** Para paneles o paredes. (1 Perfil).

## **3.6 Recolección de información.**

La presente investigación, se realiza por observación directa, tomando muestras del material utilizado en el sistema constructivo Steel Framing en el país. Como medios de recolección de información se utilizará varias máquinas en distintos laboratorios del país de ser necesario.

### 3.6.1 Diseño estructural.

Para iniciar el cálculo estructural, se realiza el análisis sísmico en función del tipo de suelo en donde se va a implantar el proyecto, para lo que se presenta la tabla 3-1, que indica el espectro de diseño planteado por la NEC 2015:

**Tabla 3-1:** Análisis sísmico para cálculo estructural.

DATOS SUELO	
Z (Factor de Zona)	0,4
n	2,48
Tipo de Suelo	D
Fa	1,2
Fs	1,28
Fd	1,19
Factor r	1
FACTORES SISMICOS	
Periodo (To)	0,12693
Periodo (Tc)	0,69813
DATOS ESTRUCTURA	
Importancia (I)	1
Altura de Piso	7,8
IRREGULARIDAD	
Planta ( $\phi_p$ )	0,9
Elevación ( $\phi_e$ )	1
MATERIAL	
ACERO	
Ct	0,073
Alpha	0,75
R	2,5
Periodo	0,3407
Sa(%)	1,1904
C	0,5291
K	1,0000

**Fuente:** Autor.

Los datos que se ingresaron en la tabla 3-1, están dados en función del lugar donde se va a implantar la estructura, tipo de suelo, factor de importancia de la estructura, altura total de la estructura, factores de irregularidad en planta y en elevación, material, y factor de reducción sísmica “R”. Todos los valores están tabulados por nuestra normativa lo que permite de forma eficiente encontrar los resultados esperados ágilmente.

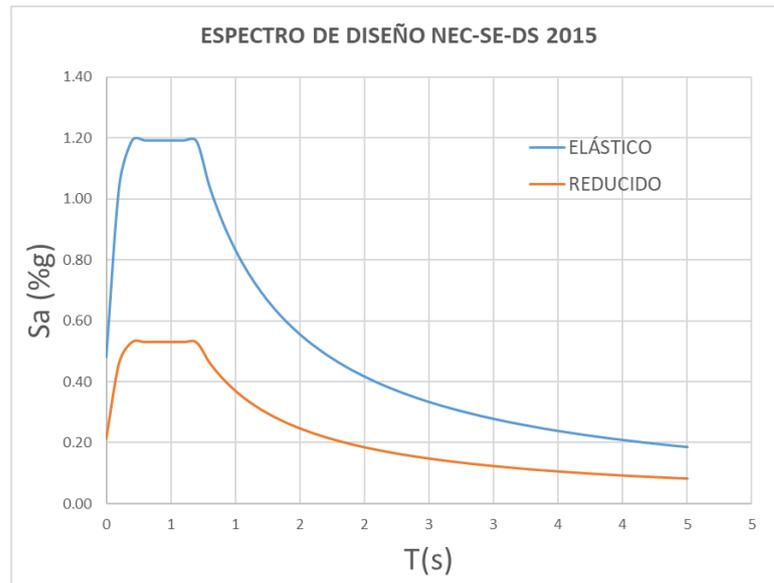
Los valores de periodo de vibración, factor de cortante basal (C) y constante (K: coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura), sirven para realizar los chequeos de servicio, que la norma exige.

La tabla 3-2, muestra el espectro de diseño de la estructura en estudio, con su respectiva curva en la figura 3-1.

**Tabla 3-2:** Espectro de diseño NEC-SE-DS-2015.

Periodo (s)	Sa(Aceleración Espectral)	C(%g)
0	0,48000	0,213
0,1	1,03966	0,4621
0,2	1,19040	0,5291
0,3	1,19040	0,5291
0,4	1,19040	0,5291
0,5	1,19040	0,5291
0,6	1,19040	0,5291
0,7	1,18723	0,5277
0,8	1,03882	0,4617
0,9	0,92340	0,4104
1	0,83106	0,3694
1,1	0,75551	0,3358
1,2	0,69255	0,3078
1,3	0,63928	0,2841
1,4	0,59361	0,2638
1,5	0,55404	0,2462
1,6	0,51941	0,2308
1,7	0,48886	0,2173
1,8	0,46170	0,2052
1,9	0,43740	0,1944
2	0,41553	0,1847
2,1	0,39574	0,1759
2,2	0,37775	0,1679
2,3	0,36133	0,1606
2,4	0,34627	0,1539
2,5	0,33242	0,1477
2,6	0,31964	0,1421
2,7	0,30780	0,1368
2,8	0,29681	0,1319
2,9	0,28657	0,1274
3	0,27702	0,1231
3,1	0,26808	0,1191
3,2	0,25971	0,1154
3,3	0,25184	0,1119
3,4	0,24443	0,1086
3,5	0,23745	0,1055
3,6	0,23085	0,1026
3,7	0,22461	0,0998
3,8	0,21870	0,0972
3,9	0,21309	0,0947
4	0,20776	0,0923
4,1	0,20270	0,0901
4,2	0,19787	0,0879
4,3	0,19327	0,0859
4,4	0,18888	0,0839
4,5	0,18468	0,0821

**Fuente:** Autor.



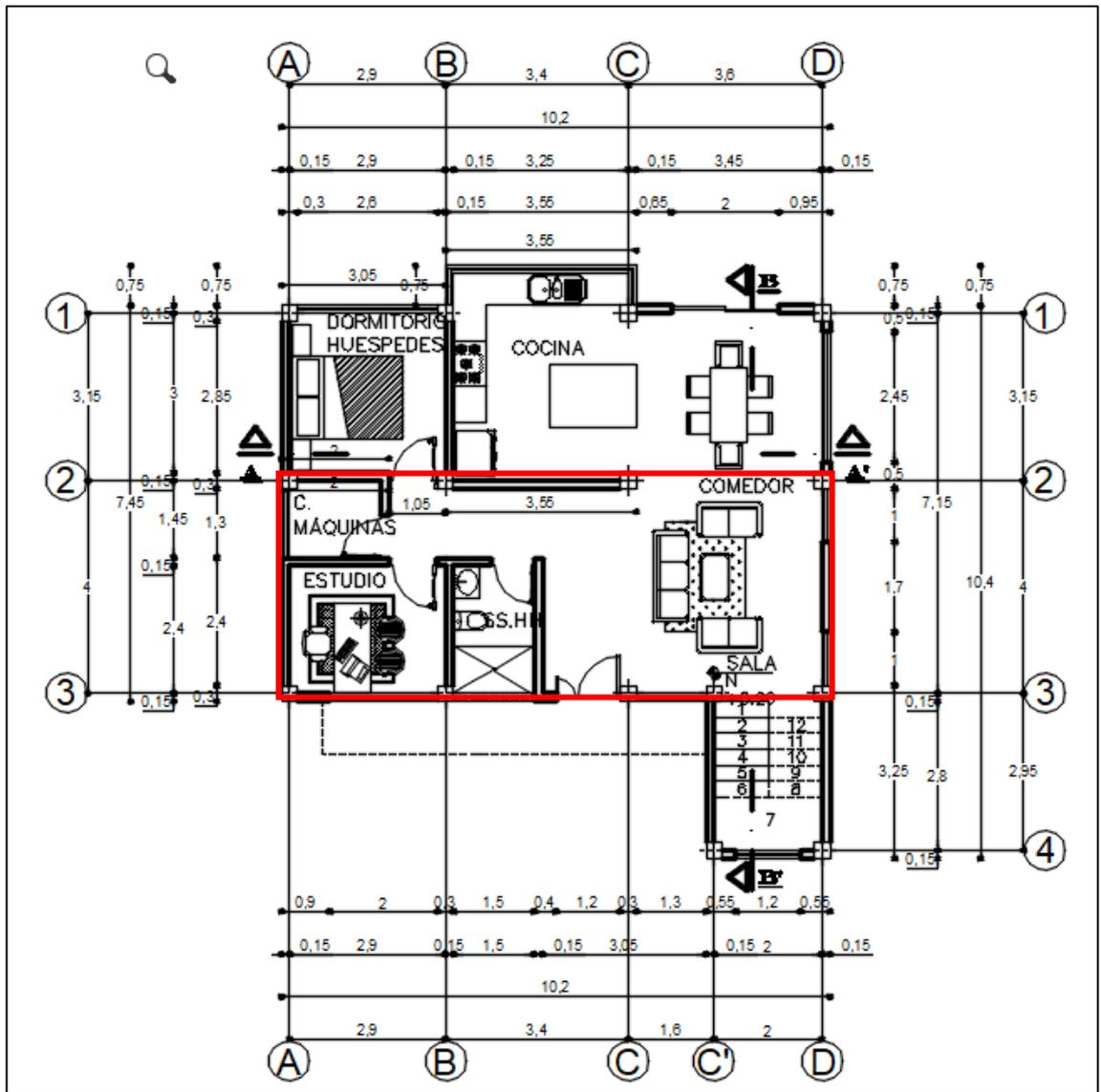
**Figura 3-1:** Espectro de diseño.

Fuente: Autor.

La norma AISI S100 Sección A7.2. facilita las propiedades seccionales de Stud y Track. En el anexo N° 1, se muestra las mismas, en función del tipo del perfil, geometría y material de fabricación.

Para el proceso de pre dimensionamiento, la norma AISI –A230, facilita tablas con variables sencillas de determinar, que permiten elegir los perfiles idóneos para las solicitaciones de carga presentes en cada caso.

Para el pre diseño de **entrepisos**, en la Tabla D3-1 de la norma, se ingresa con la modulación (espaciamiento) y la carga viva, se busca la luz a vencer en el vano más crítico mostrado en la figura 3-2, y en función de esa luz, se selecciona el perfil PGC que más convenga principalmente en factores de peso para no encarecer el proyecto. Para el caso de estudio, en la tabla 3-3, ingresando con la carga vida de 195,3 Kg/m<sup>2</sup> valor bastante apegado al valor establecido por la NEC 2015, se establece el perfil indicado a usarse en el entrepiso de la estructura.



**Figura 3-2:** Planta Arquitectónica; vanos más críticos.

Fuente: Autor.

**Tabla 3-3:** Pre diseño de entrepisos para la estructura propuesta.

TABLA D3-1. AISI 230									
Vigas de piso – Tramos individuales									
Designación del perfil	Sección SSMA	146.5 kgf/m <sup>2</sup> Carga viva				195.3 kgf/m <sup>2</sup> Carga viva			
		Espaciamiento [mm]				Espaciamiento [mm]			
		305	407	487	610	305	407	487	610
PGC 140x41x13x0.93	550S162-33	3.56	3.15	2.87	2.57	3.23	2.8	2.57	2.29
PGC 140x41x13x1.20	550S162-43	3.86	3.51	3.25	3.18	3.51	3.15	3.00	2.82
PGC 140x41x13x1.50	550S162-54	4.14	3.76	3.53	3.28	3.76	3.43	3.23	3.00
PGC 140x41x13x1.90	550S162-68	4.45	4.04	3.81	3.53	4.04	3.66	3.46	3.2
PGC 140x41x13x2.60	550S162-97	4.93	4.47	4.22	3.91	4.47	4.07	3.81	3.56
PGC 203x41x13x0.93	800S162-33	4.42	3.81	3.48	3.13	3.91	3.38	3.28	2.77
<b>PGC 203x41x13x1.20</b>	800S162-43	5.19	4.6	4.19	3.76	4.7	<b>4.09</b>	3.74	3.33
PGC 203x41x13x1.50	800S162-54	5.57	5.06	4.78	4.42	5.06	4.6	4.32	4.02
PGC 203x41x13x1.90	800S162-68	6.02	5.46	5.16	4.78	5.46	4.96	4.68	4.35
PGC 203x41x13x2.60	800S162-97	6.68	6.07	5.72	5.31	6.07	5.52	5.19	4.83
PGC 254x41x13x1.20	1000S162-43	5.90	5.11	4.65	4.17	5.24	4.52	4.14	3.71
PGC 254x41x13x1.50	1000S162-54	6.63	6.02	5.67	5.26	6.02	5.49	5.16	4.78
PGC 254x41x13x1.90	1000S162-68	7.19	6.53	6.15	5.72	6.53	5.95	5.59	5.19
PGC 254x41x13x2.60	1000S162-97	8.06	7.32	6.89	6.41	7.32	6.66	6.25	5.82
PGC 305x41x13x1.50	1200S162-54	7.65	6.96	6.56	6.02	6.96	6.33	5.95	5.34
PGC 305x41x13x1.90	1200S162-68	8.31	7.55	7.12	6.61	7.55	6.86	6.46	6.00
PGC 305x41x13x2.60	1200S162-97	9.4	8.54	8.03	7.45	8.54	7.75	7.29	6.79

La tabla proporciona la luz máxima en metros [m].  
Deflexión= L/480 para carga viva, L/240 para carga total.  
Carga muerta de piso= 48.82 kg/m<sup>2</sup>

**Fuente:** AISI S 230. [26].

Cabe indicar que la tabla 3-3, fue creada incluyendo factores de mayorización de carga en diversos casos por lo que no se espera mayores variaciones al diseño definitivo.

Para el caso de estudio, en una luz de 4 metros en el vano más crítico, la modulación será de 407 mm, y el perfil elegido es el **PGC 203x41x13x1,2**. Para Studs o vigas de entrepiso.

El Track a utilizarse será de similares dimensiones para su correcto funcionamiento y de igual espesor. El perfil será el **PGU 203x38x1,20**.

Para la selección de los perfiles a utilizarse en las **paredes** (pre-diseño), la norma AISI 230 presenta la tabla E3-(1-10). Para ingresar en la tabla y escoger la misma se considera: ancho total del edificio, se respeta la modulación establecida en el entrepiso, altura del entrepiso, número de pisos, carga de granizo o carga viva asumida en el cálculo y la velocidad del viento (categoría a la que está expuesta la pared). Con todas estas variables se elige un perfil y su espesor. Para el caso en estudio en la tabla 3-4, se muestra el perfil y su espesor elegidos.

**Tabla 3-4:** Pre diseño de paredes para la estructura propuesta.

TABLA E3-9													2 PISOS CON ENTREPISO			
Espesor del stud																
Paredes de edificación de 11 m de ancho que soportan un piso, techo y cielo raso.																
Velocidad del viento [km/hr]		Designación del perfil	Sección SSSMA	Espacio entre Studs [mm]	Espesor mínimo del Stud [mm]											
Exp. B	Exp. C				2,4 m				2,7 m				3,05 m			
		Carga de granizo en el suelo [kg/m <sup>2</sup> ]														
					97.6	146.5	244.1	341.8	97.6	146.5	244.1	341.8	97.6	146.5	244.1	341.8
185		89x41	350S162	407	0.93	0.93	1.2	1.2	0.93	0.93	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
				610	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.5	1.5
		140x41	550S162	407	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	0.93
				610	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5
193		89x41	350S162	407	0.93	0.93	1.2	1.2	0.93	0.93	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
				610	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
		140x41	550S162	407	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2
				610	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5
209.2	185	89x41	350S162	407	0.93	0.93	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5
				610	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9
		140x41	550S162	407	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2
				610	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5
225.3	193	89x41	350S162	407	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5
				610	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9
		140x41	550S162	407	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2	0.93	0.93	0.93	1.2
				610	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5

Fuente: AISI S 230. [26].

El perfil elegido es el **PGC 140x41x0,93**. Para Studs de paredes portantes.

El Track a utilizarse será de similares dimensiones para su correcto funcionamiento y de igual espesor. El perfil será el **PGU 140x38x0,93**.

Para la selección de los perfiles a utilizarse en **dinteles** (pre-diseño), la norma AISI 230 presenta la tabla E7-(1-3). Para ingresar en la tabla y escoger la misma se considera: ancho total del edificio, número de pisos y carga de granizo o carga viva asumida en el cálculo. Con todas estas variables se busca la abertura del dintel y la tabla da las opciones de perfil para cubrir el requerimiento. Para el caso en estudio en la tabla 3-5, se muestra el perfil y la longitud de la abertura. Al tener varias aberturas se ejemplifica un caso de abertura para 2 metros de longitud. Los cálculos definitivos varios vendrán en el modelamiento final de la estructura.

**Tabla 3-5:** Pre diseño de dintel para la estructura propuesta.

Tabla E7-3							2 PISOS CON ENTREPISO					
Longitud admisible de dintel-caja (header-box)												
Dinteles (headers) que soportan un piso, techo y cielo raso.												
Designación del perfil	Designación SSMA	97,6 kg/m <sup>2</sup> Carga de nieve en el suelo					146,5 kg/m <sup>2</sup> Carga de nieve en el suelo					
		Ancho de la edificación [m]					Ancho de la edificación [m]					
		7.32	8.54	9.76	11	12.2	7.32	8.54	9.76	11	12.2	
PGC-89x41x0.93	2-350S162-33											
PGC-89x41x1.20	2-350S162-43	0.66					0.64					
PGC-89x41x1.50	2-350S162-54	1.32	1.17	1.04	0.94	0.83	1.29	0.93	1.02	0.92	0.81	
PGC-89x41x1.90	2-350S162-68	1.53	1.45	1.4	1.27	1.14	1.5	1.42	1.37	1.25	1.14	
PGC-89x41x2.60	2-350S162-97	1.67	1.6	1.55	1.5	0.93	1.65	1.58	1.53	1.47	1.42	
PGC-140x41x0.93	2-550S162-33											
PGC-140x41x1.20	2-550S162-43	1.04	0.93	0.64			1	0.79				
PGC-140x41x1.50	2-550S162-54	1.98	1.78	1.6	1.45	1.32	1.93	1.75	1.58	1.42	1.3	
PGC-140x41x1.90	2-550S162-68	2.18	2.08	1.96	1.8	1.68	2.14	2.06	1.93	1.78	1.63	
PGC-140x41x2.60	2-550S162-97	2.41	2.31	2.21	2.14	2.08	2.37	2.26	2.19	2.11	2.06	
PGC-203x41x0.93	2-800S162-33	0.64										
PGC-203x41x1.20	2-800S162-43	1.27	1.02	0.79			1.22	1	0.74			
PGC-203x41x1.50	2-800S162-54	2.29	2.06	1.88	1.7	1.53	2.26	2.03	1.83	1.65	1.5	
<b>PGC-203x41x1.90</b>	<b>2-800S162-68</b>	2.89	2.46	2.34	2.26	1.91	2.77	2.52	2.31	<b>2.14</b>	1.96	
PGC-203x41x2.60	2-800S162-97	3.28	3.13	3.02	2.92	2.82	3.23	3.08	2.97	2.87	2.77	
PGC-240x41x1.20	2-1000S162-43	1.32	1.14	0.89			1.3	1.12	0.93			
PGC-240x41x1.50	2-1000S162-54	2.59	2.29	2.03	1.83	1.65	2.54	2.24	1.98	1.78	1.63	
PGC-240x41x1.90	2-1000S162-68	3.18	2.75	2.67	2.62	2.29	3.15	2.87	2.62	2.41	2.21	
PGC-240x41x2.60	2-1000S162-97	3.94	3.76	3.56	3.38	3.2	3.89	3.71	3.51	3.33	3.18	
PGC-305x41x1.50	2-1200S162-54	2.16	1.88	1.68	1.53	1.37	2.11	1.86	1.65	1.47	1.35	
PGC-305x41x1.90	2-1200S162-68	3.53	3.23	2.95	2.72	2.49	3.48	3.18	2.89	2.67	2.44	
PGC-305x41x2.60	2-1200S162-97	4.5	4.19	3.97	3.76	3.58	4.45	4.17	3.91	3.74	3.56	

Medidas dadas en metros [m]

**Fuente:** AISI S 230. [26].

El perfil elegido es el **PGC 203x41x1,90**. Para Studs de secciones compuestas en dinteles.

Para la **configuración de dinteles** o aberturas, la norma AISI 230 presenta la tabla E7-71. Para ingresar en la tabla y escoger la cantidad necesaria de **Kings** y **Jacks** de la configuración se considera: modulación de los paneles y el tamaño de la abertura. Para el caso en estudio en la tabla 3-6, se muestra el número de Kings y Jacks necesarios para la abertura. Al tener varias aberturas ejemplificamos un caso de abertura para 2 metros de longitud. Los cálculos definitivos varios vendrán en el modelamiento final de la estructura.

**Tabla 3-6:** Configuración de dintel para la estructura propuesta.

<b>Tabla E7-71</b>				
<b>Jack y King requeridos en cada extremo de una abertura.</b>				
<b>Tamaño de apertura [m]</b>	<b>Espaciamiento O.C</b>		<b>Espaciamiento O.C</b>	
	<b>610 mm</b>		<b>407 mm</b>	
	<b>No. De Jack</b>	<b>No. De King</b>	<b>No. De Jack</b>	<b>No. De King</b>
Hasta 1	1	1	1	1
1 > 1 - 1,52	1	2	1	2
> 1,52 - 1,67	1	2	2	2
<b>&gt; 1,67 - 2,44</b>	1	2	<b>2</b>	<b>2</b>
> 2,44 - 3,05	2	2	2	3
> 3,05 - 3,66	2	2	3	3
> 3,66 - 3,97	2	3	3	3
> 3,97 - 4,27	2	3	3	4
> 4,27 - 4,88	2	3	3	4
> 4,88 - 5,50	3	3	4	4

**Fuente:** AISI S 230. [26].

Para la abertura de 2 metros, es necesario 2 Jacks y 2 Kings. El perfil elegido es el **PGC 140x41x0,93** que son los Studs utilizados en las paredes portantes.

A nivel de pre dimensionamiento, las propiedades obtenidas se ingresaron en un software de elementos finitos que permite modelar la estructura para su optimización definitiva. En el sistema Steel Framing los accesorios para anclajes, flejes, cartelas, etc. son elementos únicos adaptados a los diferentes tipos de esfuerzos existentes en las edificaciones convencionales, por lo que su cálculo específico no es requerido.

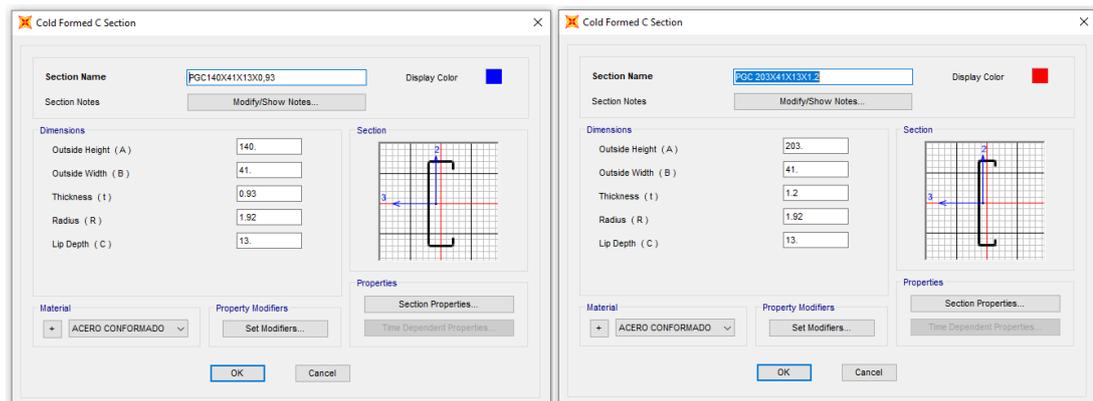
Para la modelación, las cargas aplicadas se presentan en la tabla 3-7, los perfiles son los encontrados en la etapa de pre diseño, para su respectivo chequeo y diseño definitivo en función de las normativas vigentes (NEC 15, AISI).

**Tabla 3-7:** Resumen de cargas aplicadas a la estructura.

<b>BLOQUE</b>				
<b>PISOS</b>	<b>Planta Baja</b>	<b>Entrepiso 1</b>	<b>Terraza 2</b>	<b>Tapagrada 4</b>
<b>Carga Muerta</b>	-	50 kg/m <sup>2</sup> (Peso entrepiso seco). + 50 kg/m <sup>2</sup> (Peso de paredes). + 50 kg/m <sup>2</sup> (Peso acabados y servicios).	50 kg/m <sup>2</sup> (Peso entrepiso seco). + 50 kg/m <sup>2</sup> (Peso de paredes). + 50 kg/m <sup>2</sup> (Peso acabados y servicios).	50 kg/m <sup>2</sup> (Peso entrepiso seco). + 50 kg/m <sup>2</sup> (Peso acabados y servicios).
<b>Carga Viva</b>	-	200kg/m <sup>2</sup> . (Vivienda).	200kg/m <sup>2</sup> . (Vivienda).	80 kg/m <sup>2</sup> . (Losa inaccesible).
<b>Carga sísmica</b>	Cortante basal de diseño.			

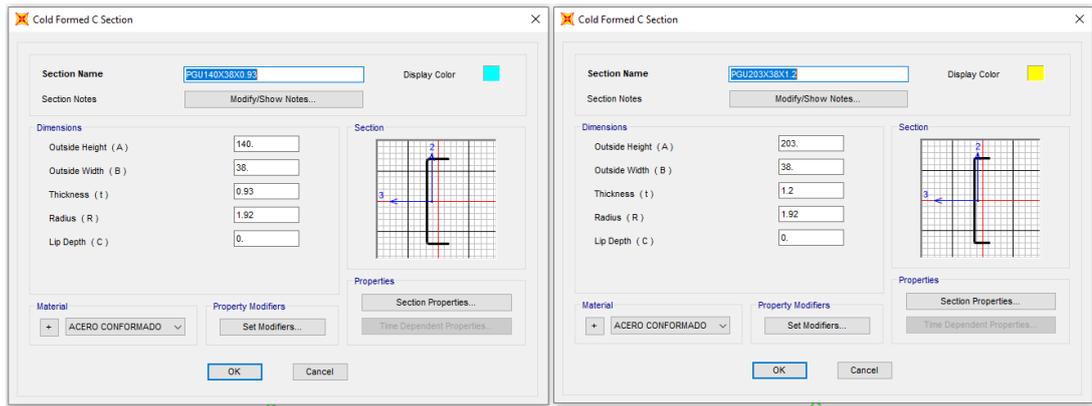
**Fuente:** Autor.

Las secciones planteadas en el **modelo matemático** en función del pre diseño realizado, se muestran en las figuras 3-3, 3-4, 3-5, 3-6 y 3-7:



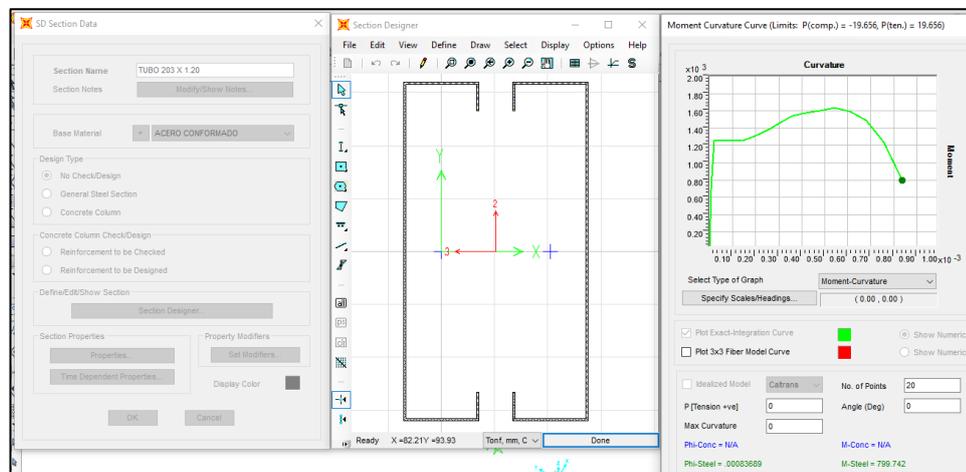
**Figura 3-3:** Secciones para paredes portantes y vigas de entrepiso.

**Fuente:** Autor.



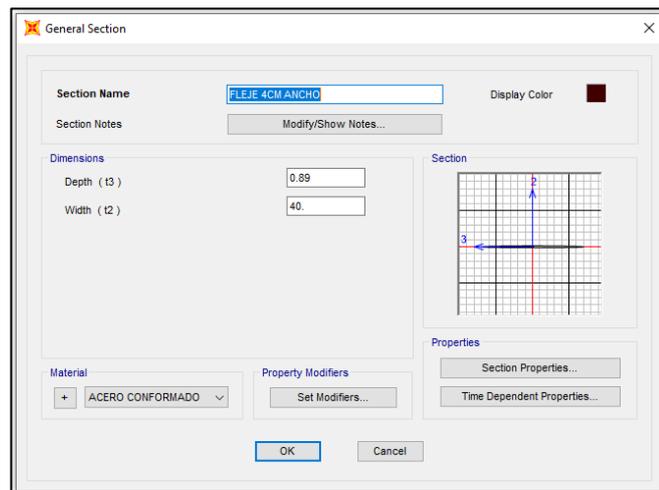
**Figura 3-4:** Secciones para Tracks de pared y vigas.

Fuente: Autor.



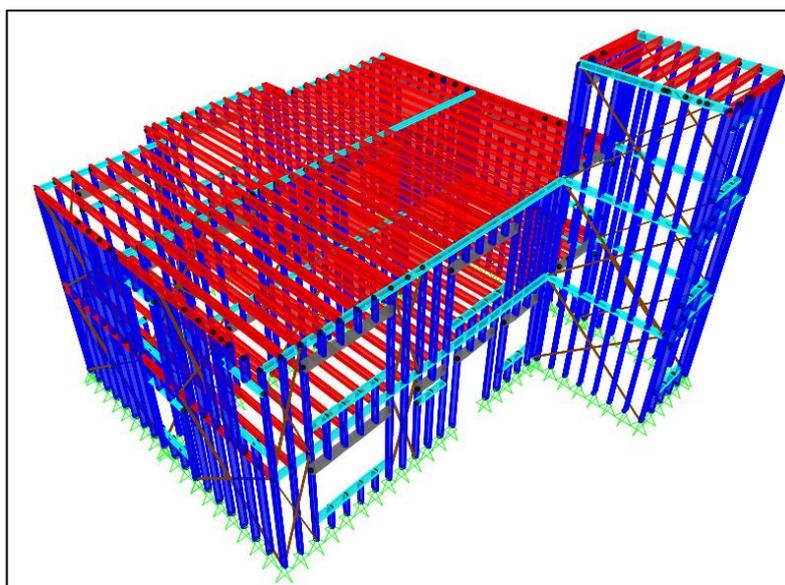
**Figura 3-5:** Sección definida para dinteles en la estructura.

Fuente: Autor.



**Figura 3-6:** Sección definida fleje; arriostramiento.

Fuente: Autor.



**Figura 3-7:** Modelo matemático en software de elementos finitos.

Fuente: Autor.

Para el análisis sísmico, al tener elementos (flejes) en los que domina la tensión para mitigar las fuerzas sísmicas, y al ser un sistema ligero de rigidez elevada, el chequeo a servicio será en función del desplazamiento producido por la fuerza sísmica (derivadas de piso). En la tabla 3-8, se encuentra la verificación de derivas en sentidos “X” y “Y”, en función de los máximos desplazamientos por piso, altura de entrepiso, y en estricto cumplimiento de la normativa.

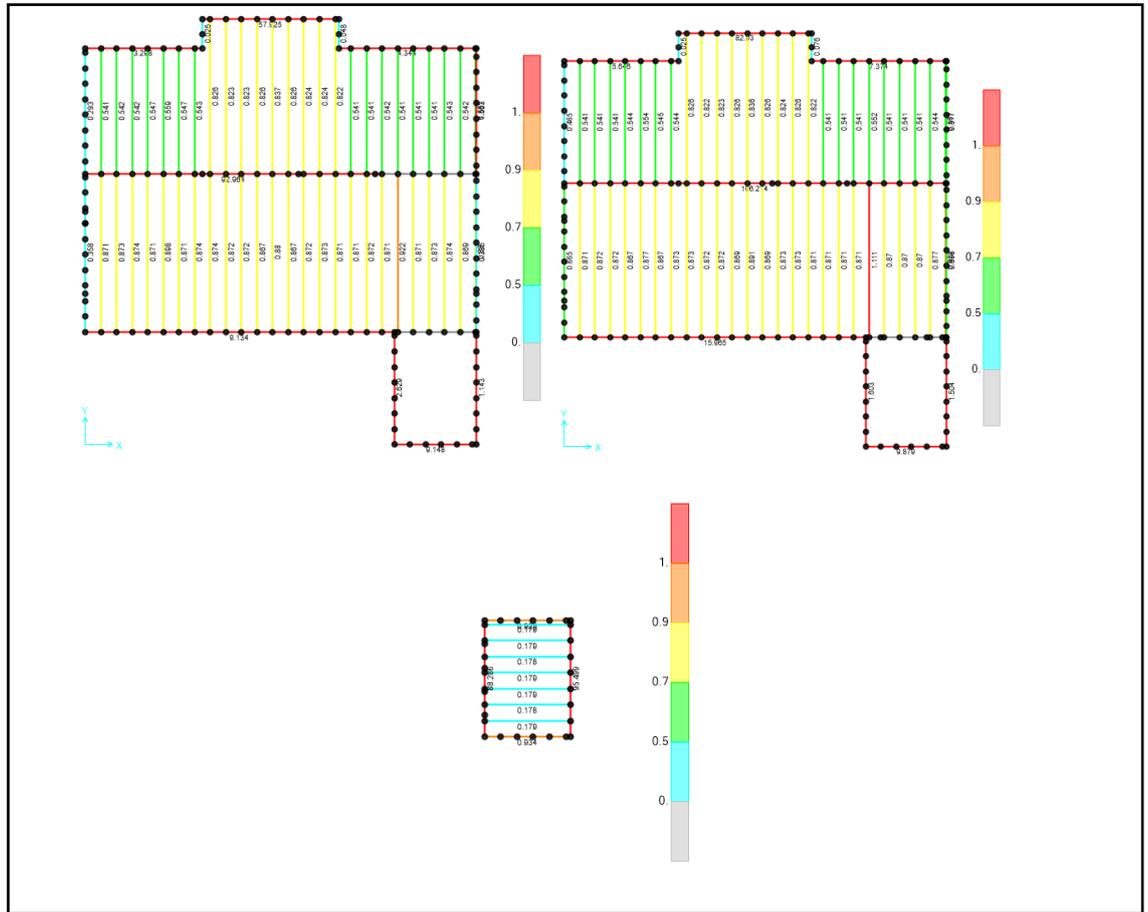
**Tabla 3-8:** Derivas de piso sentido “X” y “Y”.

SENTIDO X							
	Des. Superior (cm)	Des. Inferior (cm)	Deriva inelastica (cm)	altura (cm)	Deriva calculada	Deriva normativa	Observacion
Entre piso	0.51	0	0.95625	260	0.003677885	0.01	ok
Cubierta	0.86	0.51	0.65625	260	0.002524038	0.01	ok
Tapagrada	0.66	0.86	-0.375	260	-0.001442308	0.01	ok
SENTIDO Y							
	Des. Superior (cm)	Des. Inferior (cm)	Deriva inelastica (cm)	altura (cm)	Deriva calculada	Deriva normativa	Observacion
Entre piso	1.24	0	2.325	260	0.008942308	0.01	ok
Cubierta	2.47	1.24	2.30625	260	0.008870192	0.01	ok
Tapagrada	1.98	2.47	-0.91875	260	-0.003533654	0.01	ok

Fuente: Autor.

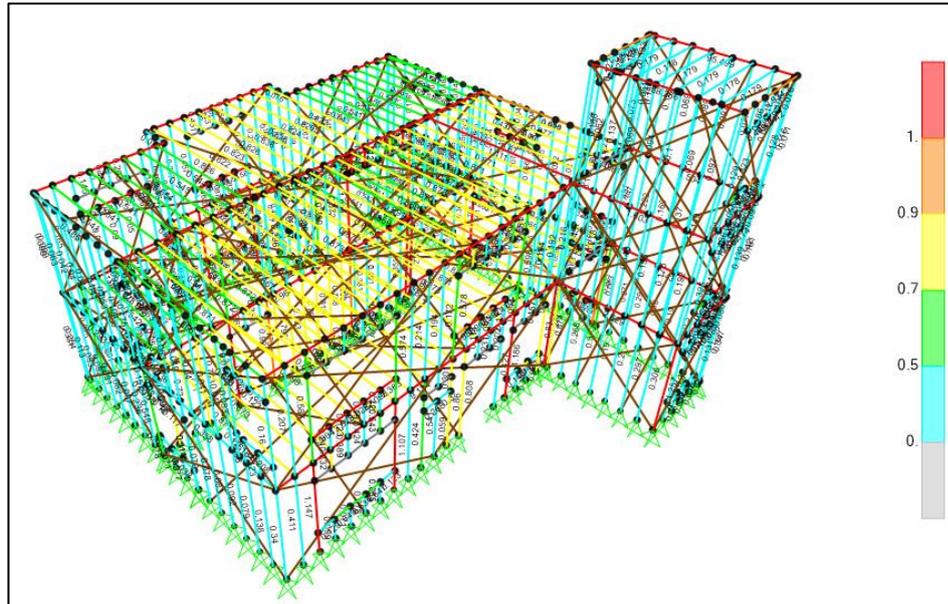
El software de elementos finitos utilizado, tiene la herramienta para realizar el diseño estructural de elementos en acero conformado en frio. Este, muestra en mosaico de colores la demanda-capacidad para cada uno de los elementos, simplificando el proceso de cálculo y considerando las combinaciones de carga que la normativa

nacional e internacional requiere para este sistema constructivo. En las figuras 3-8 y 3-9, se aprecia el cumplimiento del presente diseño.



**Figura 3-8:** Mosaico Demanda-Capacidad para el diseño de vigas de entrepiso.

Fuente: Autor.



**Figura 3-9:** Mosaico Demanda-Capacidad para montantes de paneles.

Fuente: Autor.

Por la configuración del sistema, existen secciones compuestas que vienen normadas para elementos como:

- Dinteles.
- Encuentros de paredes en esquinas, triples o en cruz.
- Configuraciones especiales de aberturas.
- Perfiles compuestos.

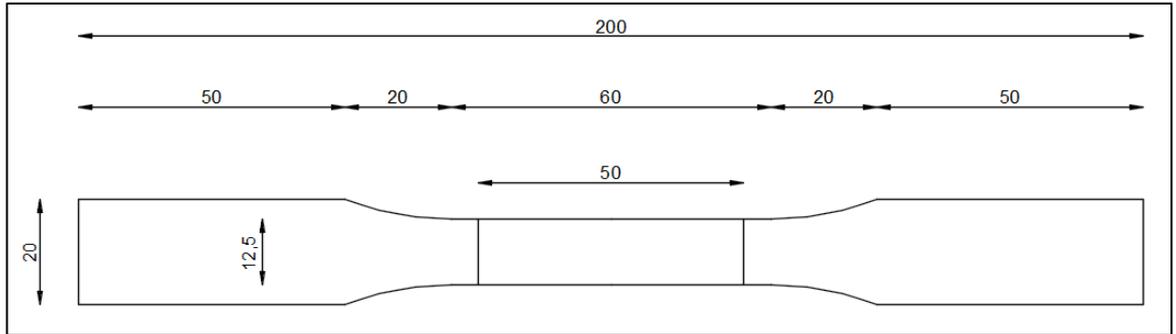
De igual forma accesorios que facilitan el correcto funcionamiento del sistema como:

- Anclajes.
- Cartelas.
- Tapas.
- Tornillos.
- Flejes.
- Arriostramientos.

Los tracks se configuran como elementos de confinamiento de los montantes y vigas, por lo que se convierten más, en un elemento constructivo de comportamiento normado, que en un elemento estructural.

### 3.6.2 Ensayo de tensión.

De los perfiles adquiridos, **PGC 203x41x13x1.5** y **PGC 102x41x13x0.93**, fueron preparadas 6 muestras de cada uno según norma ASTM – A 370-03a [39]. mírese figura 3-10, que indica la geometría de las mismas, y figuras 3-11 y 3-12, que ilustran la realización del ensayo.



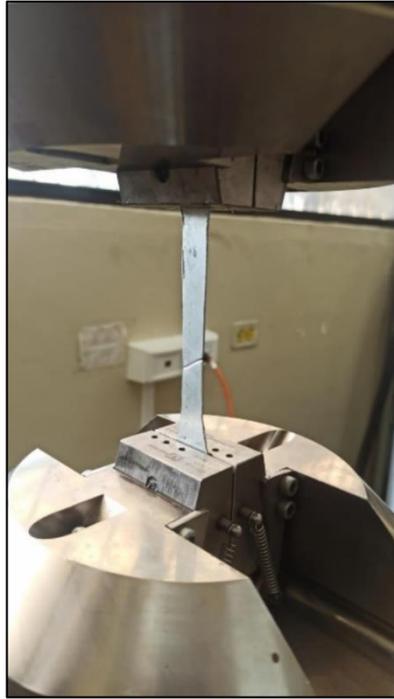
**Figura 3-10:** Geometría de la probeta.

Fuente: Autor.



**Figura 3-11:** Máquina universal para ensayo de tracción.

Fuente: Autor.



**Figura 3-12:** Ensayo de tracción.

**Fuente:** Autor.

Los resultados del ensayo de tracción, de las diferentes muestras se encuentran en el anexo N°2.

### **3.6.3 Análisis por Espectrometría de chispa.**

En la tabla 3-9, se observa el resultado del ensayo de espectrometría de chispa, realizado a dos muestras de diferente espesor, de igual tamaño (20 X 20 mm), previamente retirado el recubrimiento de galvanizado. El reporte, mírese en el anexo N°3.

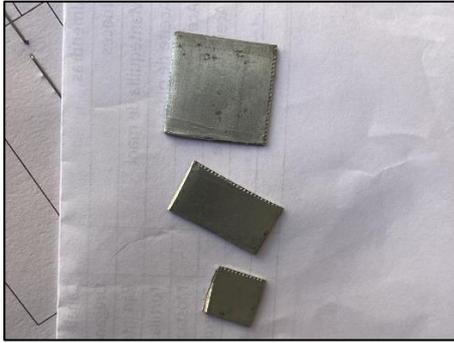
**Tabla 3-9:** Ensayo de espectrometría de chispa.

Metales	Steel Framing e=1,5 (%)	Steel Framing e=0,9 (%)
Carbono (C)	0.198	0.056
Silicio (Si)	0.093	0.033
Manganeso (Mn)	0.948	0.106
Fósforo (P)	<0,001	<0,001
Azufre (S)	0.002	<0,001
Cromo (Cr)	0.015	0.042
Molibdeno (Mo)	0.003	0.004
Níquel (Ni)	0.001	0.01
Cobre (Cu)	0.01	0.29
Aluminio (Al)	0.012	0.014
Bismuto (Bi)	0.008	0.015
Cerio (Ce)	0.154	0.16
Titanio (Ti)	0.002	0.001
Vanadio (V)	0.001	0.001
Hierro (Fe)	98.55	99.23

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional – Departamento de metalurgia extractiva.

#### **3.6.4 Ensayo de metalografía.**

Para la toma de muestras se generó esquemas de extracción, codificando las mismas para un adecuado control de los resultados. Posterior a la extracción de las muestras en formatos 10x10mm y 20x20mm, se realiza el proceso de encapsulado, con el fin de facilitar el proceso de lijado y pulido. En las figuras 3-13, 3-14, 3-15, 3-16 y 3-17, se visualiza el proceso realizado.



**Figura 3-13:** Muestras cortadas del perfil de SF.

**Fuente:** Autor.



**Figura 3-14:** Muestras cortadas del perfil de SF listas para encapsular.

**Fuente:** Autor.



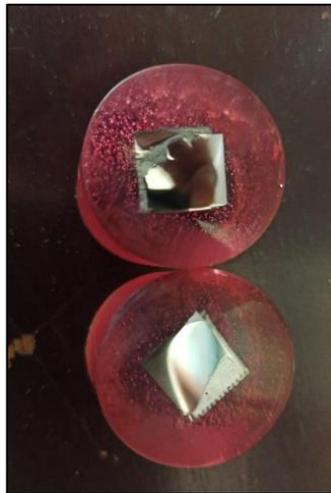
**Figura 3-15:** Muestra encapsulada con resina de poliéster + acelerante.

**Fuente:** Autor.



**Figura 3-16:** Muestras encapsuladas listas para lijar y pulir.

**Fuente:** Autor.

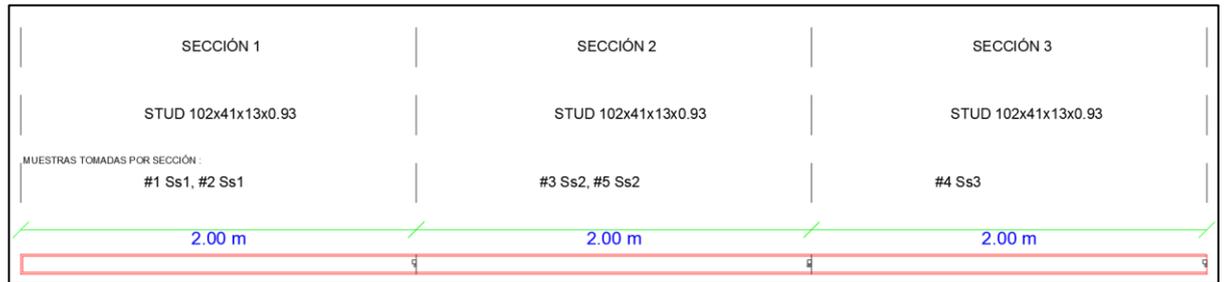


**Figura 3-17:** Muestras lijadas y pulidas tipo espejo, listas para ser visualizadas en el microscópico metalográfico.

**Fuente:** Autor.

### 3.6.5.1 Esquema de muestras.

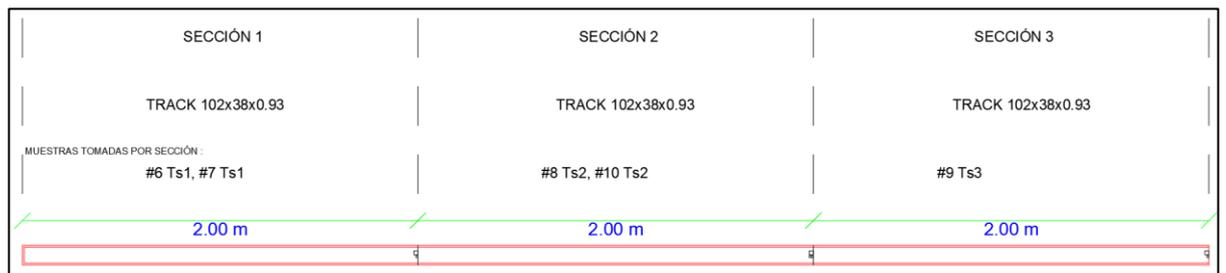
Para el perfil **STUD PGC 102x41x13x0.93**, en la figura 3-18, se aprecia el esquema de toma de muestras con su respectiva codificación.



**Figura 3-18:** Esquema para toma de muestras (1-5).

**Fuente:** Autor.

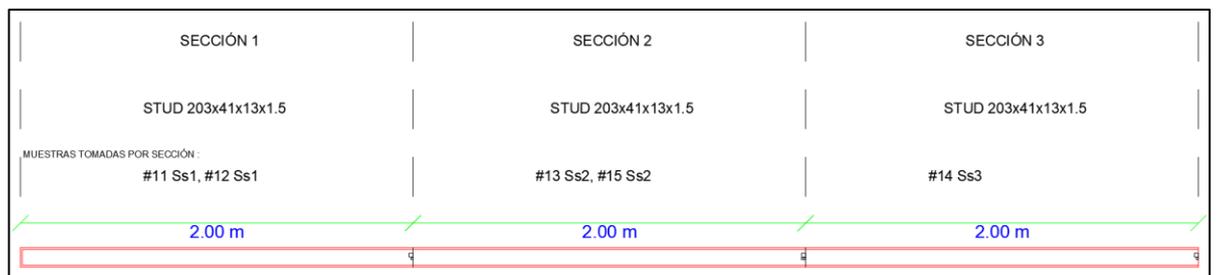
Para el perfil **TRACK PGU 102x38x0.93**, en la figura 3-19, se aprecia el esquema de toma de muestras con su respectiva codificación.



**Figura 3-19:** Esquema para toma de muestras (6-10).

**Fuente:** Autor.

Para el perfil **STUD PGC 203x41x13x1.5**, en la figura 3-20, se aprecia el esquema de toma de muestras con su respectiva codificación.



**Figura 3-20:** Esquema para toma de muestras (11-15).

**Fuente:** Autor.

Los resultados del examen metalográfico a las diferentes muestras se encuentran en el anexo N°4.

### **3.6.5 Análisis microscópico.**

Para el ensayo de microscopia SEM, se toma dos muestras de 2x2 cm, extraídas del perfil comercial de Steel Framing adquirido, una de ellas con recubrimiento de galvanizado para el análisis del mismo, y una muestra retirada el recubrimiento de galvanizado para el análisis del material base.

En el anexo N°5, se presenta el informe de laboratorio realizado.

### **3.6.6 Medición de espesores.**

Se realiza mediante el medidor ultrasónico para espesores de placa y se basa en la norma DIM 54119 y DIM 54120 [40]. El ensayo se aplica a dos muestras aleatorias del perfil comercial.

En el anexo N°6, mírese el informe técnico desarrollado.

## **3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico.**

Los datos recibidos serán analizados de una manera crítica para una adecuada interpretación.

### **3.7.1 Ensayo de tensión.**

Para el procesamiento de los datos obtenidos en este ensayo, se realiza un promedio de los valores de cada grupo de probetas por perfil, dividiendo el proceso en dos; los resultados serán dos curvas (Esfuerzo – Deformación) con sus correspondientes valores de: esfuerzo de cedencia, módulo elástico, resistencia a la tracción y esfuerzo último de rotura.

### **3.7.2 Análisis por Espectrometría de chispa.**

La norma INEN 2 526:2010, [41], da los requisitos específicos mínimos, en lo referente a composición química de los metales a utilizarse en la fabricación de los perfiles, en la tabla 3-10, se observa dichos valores, para relacionarlos con los resultados del análisis realizado.

**Tabla 3-10:** Requisitos para Composición química.

	<b>Carbón ( C ) % máx.</b>	<b>Manganeso ( Mn) % máx.</b>	<b>Fósforo ( P ) % máx.</b>	<b>Azufre ( S ) % máx.</b>
<b>Grado A (36)</b>	0,25	1,35	0,035	0,04
<b>Grado B (40)</b>	0,25	0,90	0,035	0,04
<b>Grado C (50)</b>	0,25	1,35	0,035	0,04

**Fuente:** INEN [42].

### 3.7.3 Ensayo de metalografía.

De las muestras extraídas y codificadas, en la tabla 3-11, mírese los resultados obtenidos del ensayo metalográfico para: porcentaje de carbono, fases, tamaño de grano, dureza y resistencia a la tracción.

**Tabla 3-11:** Tabla de resultados del ensayo de metalografía.

<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA</b>	<b>PORCENTAJE DE CARBONO</b>	<b>PORCENTAJE DE LAS FASES</b>		<b>TAMAÑO DE GRANO EN LAS FASES</b>		<b>DUREZA BRINELL</b>	<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>
	<b>%</b>	<b>FERRITA %</b>	<b>PERLITA %</b>	<b>ASTM 112-96</b>	<b>ASTM 112-96</b>	<b>HB</b>	<b>Kpsi</b>
2Ss1	0,15	81,20	19,80	7,77	11,15	120,60	60,30
3Ss2	0,14	81,70	17,30	7,00	10,66	117,45	58,73
4Ss3	0,12	83,70	15,40	6,89	10,88	114,45	57,23
5Ss2	0,16	78,50	22,30	8,08	11,08	124,17	62,08
6Ts1	0,11	84,60	14,40	6,15	10,41	113,10	56,55
7Ts1	0,11	85,60	14,40	6,70	11,02	111,60	55,80
8Ts2	0,25	66,50	36,00	8,18	9,77	140,25	70,13
8Ts2-2	0,15	79,10	22,20	7,84	10,99	121,35	60,68
9Ts3	0,14	81,60	20,10	6,67	10,28	117,60	58,80
10Ts2	0,19	74,30	24,90	7,67	10,30	128,55	64,27
12Ss1	0,26	64,70	36,40	8,44	9,86	142,95	71,47
13Ss2	0,27	64,00	36,50	8,83	10,19	144,00	72,00
14Ss3	0,16	78,00	19,10	7,73	10,88	123,00	61,50
15Ss2	0,20	72,90	27,10	8,45	10,77	130,65	65,32

**Fuente:** Autor.

### 3.7.4 Análisis microscópico.

El procesamiento de los resultados obtenidos en la microscopia SEM, es del tipo explicativo, las imágenes obtenidas en el ensayo, presentan la información necesaria para determinar las conclusiones y discusiones que el caso de estudio requiere.

### 3.7.5 Medición de espesores.

El ensayo realizado da como información principal, la medida del recubrimiento de galvanizado añadido al material base por los fabricantes del perfil comercial. Se busca discutir la incidencia de dicho recubrimiento, en la vida útil de la estructura, en un ambiente moderado como el de la ubicación del presente caso de estudio.

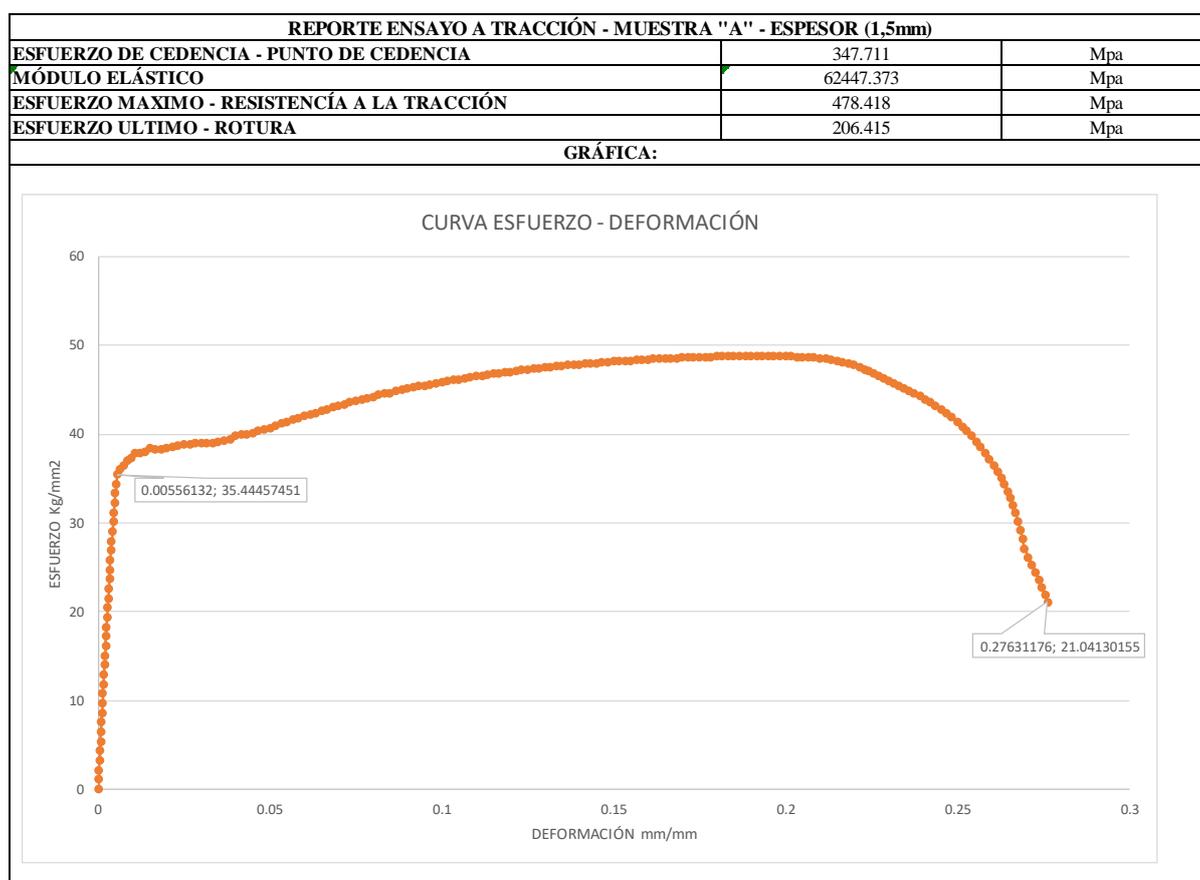
### 3.8 Variables respuesta o resultados alcanzados.

Los resultados alcanzados son los siguientes:

#### 3.8.1 Ensayo de tensión.

Para las muestras tomadas del perfil **PGC 203x41x13x1.5**, la curva resultante con los valores de: esfuerzo de cedencia, módulo elástico, resistencia a la tracción y esfuerzo último de rotura; se muestran en la tabla 3-12.

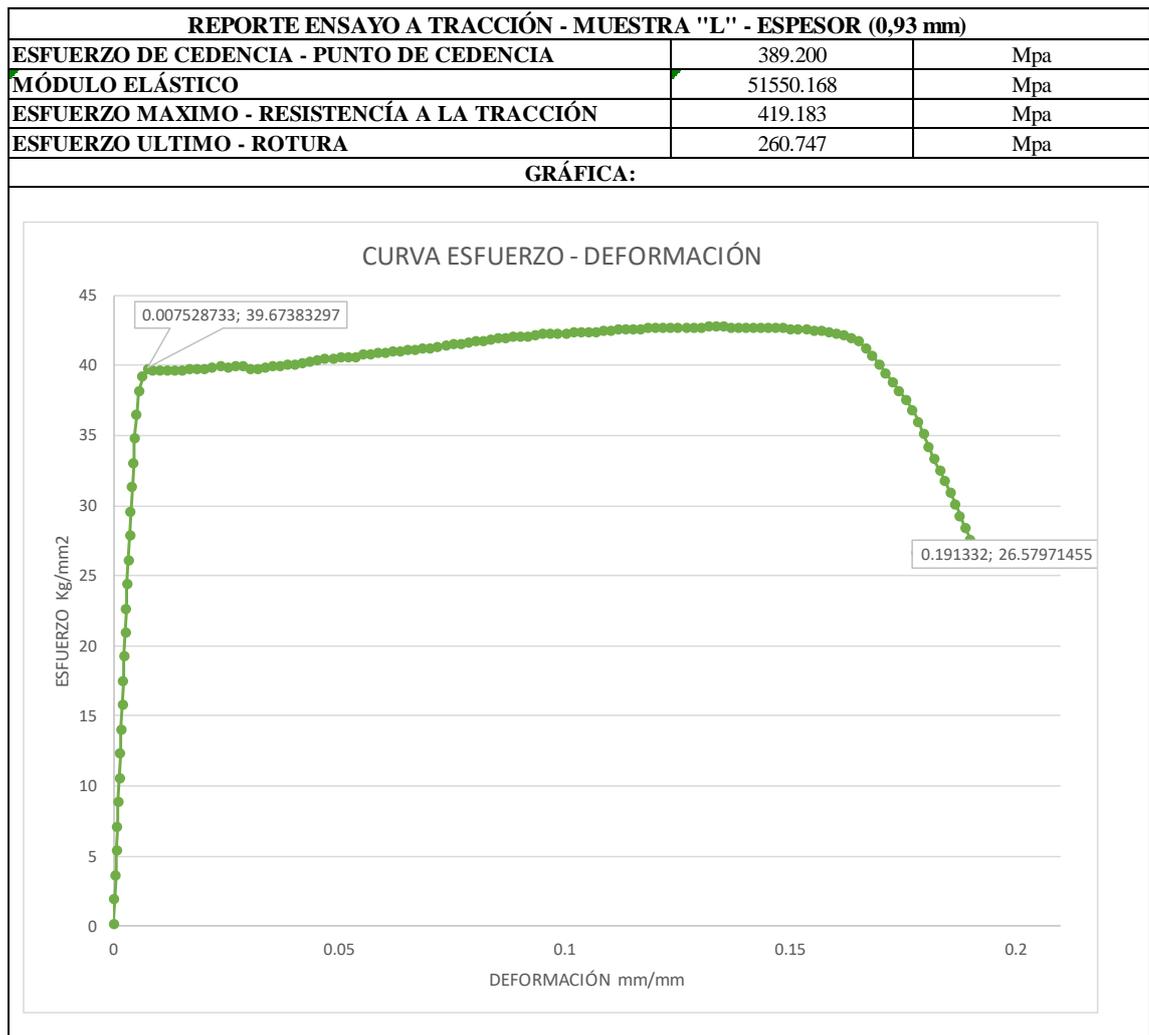
**Tabla 3-12:** Ensayo de tensión muestras del grupo A.



**Fuente:** Autor.

Del perfil **PGC 102x41x13x0.93**, la curva resultante con los valores de: esfuerzo de cedencia, módulo elástico, resistencia a la tracción y esfuerzo último de rotura; se muestran en la tabla 3-13.

**Tabla 3-13:** Ensayo de tensión muestras del grupo L.



**Fuente:** Autor.

### 3.8.2 Análisis por Espectrometría de chispa.

Los perfiles de SF, se fabrican con chapas de acero pre galvanizadas. La norma INEN permite el uso de metales Grado A (36), Grado B (40) y Grado C (50). Para las muestras analizadas tenemos los siguientes resultados:

En función del porcentaje de Manganeso, la muestra Steel Framing e=1,5 mm, puede ser acero Grado A (36) y Grado C (50), mientras que, en los demás porcentajes presenta similitud con todas las clasificaciones dadas.

La muestra Steel Framing e=0,9 mm, puede pertenecer a todas las categorías dadas, ya que todos los porcentajes entran en los estándares mostrados en la norma.

### 3.8.3 Ensayo de metalografía.

Al ver la similitud de los resultados obtenidos para: porcentaje de carbono, porcentaje de ferrita, porcentaje de perlita, tamaño de grano en las fases, dureza Brinell y resistencia a la tracción, y con el fin de presentar un resultado general de todas las muestras y los tres perfiles analizados, en la tabla 3-14, véase los resultados promedio del ensayo de metalografía.

**Tabla 3-14:** Resultados promedio del ensayo de metalografía.

CÓDIGO DE LA MUESTRA	PORCENTAJE DE CARBONO	PORCENTAJE DE LAS FASES		TAMAÑO DE GRANO EN LAS FASES		DUREZA BRINELL	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
	%	FERRITA %	PERLITA %	ASTM 112-96	ASTM 112-96	HB	Kpsi
PROMEDIO	0,17	76,89	23,28	7,60	10,59	124,98	62,49

**Fuente:** Autor.

El material tiene un porcentaje de carbono promedio de 0.17%C, tamaño de grano promedio de la fase ferrítica de 7,60, tamaño de grano de la fase perlítica de 10,59, una dureza Brinell promedio de 124,98 HB, un valor promedio de resistencia a la tracción de 60,30 kpsi.

### 3.8.4 Análisis microscópico.

Los resultados obtenidos, luego de la visualización e interpretación de las imágenes son:

- En el material base se observa un acero al carbono, que presenta en su microestructura fases ferríticas y perlíticas.
- El material tiene incrustaciones de carbono, y fisuras que hacen que el material se vuelva frágil, y se afecten las propiedades mecánicas.
- En la muestra con recubrimiento (galvanizado), todas las imperfecciones que tiene el material base, fueron selladas, generando una corrección en la superficie que mejora el material base en durabilidad y resistencia a la corrosión.
- El recubrimiento de zinc presenta microporosidad y cráteres, que no fueron sellados en su totalidad en el proceso de galvanizado.

### **3.8.5 Medición de espesores.**

El medidor ultrasónico de espesores se calibra mediante el dispensador de lubricante, las galgas de calibración con diferentes espesores, para comprobar el funcionamiento del transductor y la galga de calibración integrada en el equipo.

Las galgas de calibración permiten relacionar valores e incertidumbres de medida que van asociados a patrones e indicaciones de referencia. La calibración mantiene el correcto funcionamiento de los instrumentos, en función de normas de calidad que garanticen la exactitud de los resultados.

El espesor de los componentes, se realizó con un transductor de tipo longitudinal de 10mm de diámetro y 2,5 MHz de frecuencia. La frecuencia seleccionada permitió mayor precisión en la medición de espesores y una longitud de onda menor.

El recubrimiento determinado para el material en estudio se de 0,1 mm; 0.05 mm a cada lado de la placa.

## Capítulo IV

### RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### Diseño estructural:

Los resultados obtenidos en criterios de sismo resistencia, se fundamentaron en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – 2015. Están establecidos por la ubicación geográfica de la estructura, tipo de suelo, irregularidades en planta y elevación; y el material elegido para la edificación.

El SF, es un sistema estructural ligero y de rigidez elevada, en el que por normativa se utilizan elementos rigidizadores (flejes), que se encargan de disipar las fuerzas laterales o sísmicas. Los chequeos de servicio, en este tipo de estructuras están en función de los máximos desplazamientos producidos, los valores de derivas de piso calculados en esta investigación, son valores inferiores al 1% en el sentido “X” y “Y”, por lo tanto, cumple con los requisitos planteados en la normativa vigente.

Los resultados del diseño estructural definitivo son:

- El perfil stud, elegido para **vigas de entrepiso** es el **PGC 203x41x13x1,20**; con una modulación o separación entre sí de 407 mm.
- El perfil track, elegido para la configuración del entrepiso es el **PGU 203x38x1,20**; que ejercerá su función en el confinamiento de los elementos.
- El perfil stud, elegido para las **paredes portantes** es el **PGC 140x41x0,93**; respetando la modulación ya planteada originalmente en el entrepiso.
- El perfil track, seleccionado para la configuración de las paredes portantes es el **PGU 140x38x0,93**; que será utilizado para el confinamiento y configuración constructiva de los elementos que componen los paneles.
- Los perfiles Stud, seleccionados para los **dinteles**, que cubren las aberturas en los paneles portantes son **PGC 203x41x1,90**; en sección compuesta tipo cajón.
- Los elementos de reforzamiento en dinteles (aberturas), calculados por normativas son 2 Jacks y 2 Kings. El perfil elegido es el **PGC 140x41x0,93** que son los Studs utilizados en las paredes portantes.

### Propiedades mecánicas del material:

La norma INEN 2 526:2010, [41], como requisito mínimo para la fabricación de perfiles de SF, facilita los valores mínimos de las propiedades mecánicas del material, según el grado de la chapa de acero. Mírese la tabla 4-1.

**Tabla 4-1:** Requisitos para Propiedades mecánicas.

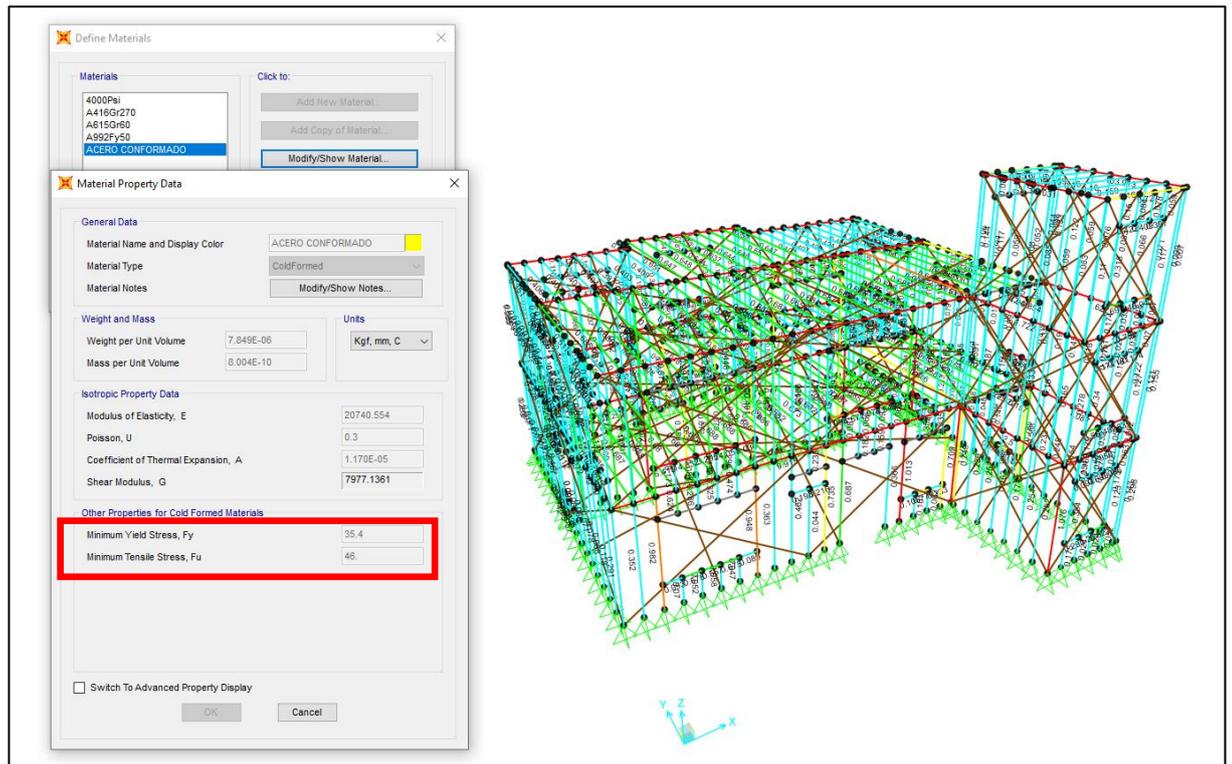
	Límite de fluencia min.	Resistencia a la tracción min.
	(Mpa)	(Mpa)
<b>Grado A (36)</b>	250	365
<b>Grado B (40)</b>	275	380
<b>Grado C (50)</b>	340	450

**Fuente:** INEN [42].

Los valores resultantes del ensayo de tracción aplicado a las muestras “L” (espesor 0,93 mm), indican que: en función del límite de fluencia, el acero analizado supera el valor mínimo de los tres grados planteados por la norma, mientras que, el valor de resistencia a la tracción, no alcanza para un Grado C (50).

De las muestras “A” (espesor 1,50mm), tanto el límite de fluencia, como la resistencia a la tracción, el acero analizado supera los valores establecidos. Lo que demuestra, que para la fabricación de perfiles de menor espesor del grado de la chapa de acero es diferente.

Para analizar el resultado obtenido, se cambia el valor de la resistencia a la tracción utilizado en el modelo matemático, por el valor encontrado en los ensayos, con el fin de corroborar los resultados del diseño estructural en el programa de elementos finitos. Mírese figura 4-1.



**Figura 4-1:** Mosaico Demanda-Capacidad modificando las propiedades del material.

**Fuente:** Autor.

El resultado de la variación en el modelo matemático, lógicamente es el incremento en los valores de resistencia, es decir existe un mejor comportamiento de los perfiles seleccionados ante las solicitaciones de carga.

De acuerdo a la metalografía del material, se define que es una típica matriz ferrítico perlítica, que corresponde a un acero estructural. Presenta un tamaño de grano uniforme en sus fases y las propiedades mecánicas encontradas, dureza y resistencia a la tracción, también están dentro de los rangos establecidos para materiales típicos utilizados en la fabricación de perfiles de SF.

Del análisis de espectrometría de chispa, es fundamental conocer que todas las chapas de acero laminadas en frío, inician de chapas laminas en caliente que se someten a procesos de laminación en frío, para obtener la reducción de espesores, mayor facilidad de conformado y mejorar la estética superficial, esto con el fin de incrementar la gama de aplicaciones comerciales dadas al material. Es de este modo que se puede justificar la diferencia de composición químicas de un espesor a otro, en los perfiles de SF.

Es adecuado que el porcentaje de carbono en la lámina de menor espesor, tenga un valor bajo, con el fin de alcanzar espesores pequeños, sin generar fisuras y quiebres en el material.

En lo referente al espesor del recubrimiento, es importante discutir el resultado obtenido, en el Ecuador, la agresividad atmosférica para el zinc se ubica en categoría 2 y 3 según las normas ISO. Estudios de la corrosión atmosférica del acero galvanizado en el país, [43], [44], demuestran que en ciudades de la sierra ecuatoriana como: Quito, Latacunga y Cuenca, asignados en categoría 2 de la norma ISO 12944-2, [45], en el periodo de un año presentan una corrosión de galvanizado de 0.5 micras, que equivalen a 0,0005 mm anuales.

De lo expuesto, haciendo una relación a los 0.05 mm de recubrimiento de galvanizado que presentan las muestras analizadas, el material tiene protección a la corrosión de 100 años. Esto estimando las condiciones ya designadas por la norma anteriormente mencionada, sin considerar otros factores que puedan alterar el resultado

## Capítulo V

### 5.1 Conclusiones.

- El sistema constructivo Steel Framing, se puede diseñar cumpliendo lo establecido en la normativa local (NEC – 2015), ya que esta hace referencia a la normativa AISI, que presenta capítulos especializados para el diseño estructural sísmoresistente de este tipo de estructuras. Tomado en consideración que a nivel local la normativa, limita a dos plantas, el alcance de las edificaciones.
- En función de las derivas de piso obtenidas, se determina que es un sistema estructural rígido, de desplazamiento limitado, que, sumado al ligero peso de sus elementos, lo convierten en un sistema capaz de disipar fuerzas sísmicas de manera adecuada. Recalcando que el nivel de rigidez dado al diseño, está en función del criterio del diseñador estructural, pero la normativa es rigurosa en el cumplimiento de este requerimiento.
- El diseño estructural de una edificación en el sistema SF, está apoyado al uso de manuales que la normativa facilita, donde indican elementos y accesorios adicionales, que no se incluyen en modelos matemáticos de diseño, pero que su utilización es indispensable para el acoplamiento del sistema. Estos elementos son de propiedades mecánicas superiores a los perfiles catalogados, y su función es facilitar la etapa constructiva.
- Los elementos estructurales para vigas de entrepiso y paneles portantes, elegidos en la etapa preliminar de prediseño y ratificadas en la etapa definitiva de diseño, se encuentran catalogados y disponibles en el mercado local; al ratificar con el presente estudio que las propiedades mecánicas del material de los mismo, cumple con lo expuesto por los fabricantes, se demuestra que si es un sistema constructivo alternativo aplicable en nuestro país.
- En el sistema constructivo SF, el diseño estructural de las edificaciones se convierte en la principal variable para asegurar la vida útil de una edificación, esto, al demostrar que las propiedades mecánicas de los materiales analizados, superan los parámetros impuestos por la normativa para los aceros estructurales.
- La fabricación de los perfiles de SF, se controla con normativa local y extranjera, por lo que, de los ensayos realizados, se demuestra que el material

está dentro de los estándares mencionados en las mismas. Y, se puede potenciar su aplicación.

- El recubrimiento de galvanizado del material analizado, actúa como un sellante que corrige la superficie del mismo, y mejora sus propiedades en cuanto a durabilidad y resistencia a la corrosión, esto hace que el material no se vea afectado por factores externos climatológicos, mecánicos o artificiales, presentes en los diferentes ambientes de nuestro país.

## **5.2 Recomendaciones.**

- Para la correcta aplicación del sistema constructivo Steel Framing, es necesario que la planificación arquitectónica, este realizada en función de particularidades estructurales que el sistema exige, mismas que están explícitas en manuales basados en la normativa vigente.
- Al realizar un diseño estructural en SF, es necesario ir cuantificando y esquematizando en los planos constructivos, todos los elementos adicionales que el sistema requiere para su correcto funcionamiento, esto con el fin de tener un control total de la cantidad de acero a plantillarse.
- Al momento de planificar una edificación con el sistema constructivo SF, es indispensable que el proyectista, conozca las dimensiones geométricas comerciales de los materiales que se utilizan para los revestimientos en paneles y entrepisos, esto con el fin de optimizar el desperdicio de estos en obra, y asegurar la adecuada sujeción de los mismos.
- Es apremiante la necesidad de tener un sistema constructivo moderno y seguro para el segmento residencial en el país, por ende, los resultados positivos de esta investigación brindan mayor información a profesionales y usuarios, que buscan un sistema constructivo alternativo para sus edificaciones.

### 5.3 Bibliografía.

- [1] A. Sarmanho and R. Moraes, *Steel Framing: Arquitectura*, 2nd ed. Brasil, 2007. [Online]. Available: [http://www.construccionenacero.com/Articulos\\_y\\_Publicaciones/Libros/Steel Framing Arquitectura.pdf](http://www.construccionenacero.com/Articulos_y_Publicaciones/Libros/Steel_Framing_Arquitectura.pdf)
- [2] S. Palacios Rodríguez, J. Anaya Díaz, and B. Cruz López, “Lightweight construction design with bearing surfaces. Thin-walled structures,” *Revista de la construcción*, vol. 18, no. 2, pp. 398–408, 2019, doi: 10.7764/rdlc.18.2.398.
- [3] D. Pérez Muñoz, J. Luddey Marulanda Arévalo, and C. Mauricio Moreno Tellez, “Mechanical characterization of aluminum-silicon coating deposited by CVD-FBR on austenitic stainless steel AISI 316 and vapor oxidation,” *Ingeniería y competitividad*, vol. 20, no. 2, pp. 19–26, 2018, doi: 10.25100/iyc.v20i2.5240.
- [4] L. R. Caldas, J. S. de M. M. Lira, P. C. de Melo, and R. M. Sposto, “Life cycle carbon emissions inventory of brick masonry and light steel framing houses in Brasilia: proposal of design guidelines for low-carbon social housing,” *Ambiente Construído*, vol. 17, no. 3, pp. 71–85, Jul. 2017, doi: 10.1590/s1678-86212017000300163.
- [5] R. Dannemann, *Manual de Ingeniería de Steel Framing, Segunda*. Chile, 2007.
- [6] J. R. da S. Nogueira, I. J. A. Callejas, and L. C. Durante, “Desempenho de painel de vedação vertical externa em Light Steel Framing composto por placas de madeira mineralizada,” *Ambiente Construído*, vol. 18, no. 3, pp. 289–307, Sep. 2018, doi: 10.1590/s1678-86212018000300282.
- [7] A. L. Vivan and J. C. Paliari, “Assembly line for the production of light gauge steel frame modular housing,” *Gestão & Produção*, vol. 28, no. 2, p. 2021, May 2021, doi: 10.1590/1806-9649-2020v28e5213.
- [8] R. Aguiar, N. Loor, and D. Zambrano, “COMPORTAMIENTO DEL BLOQUE ESTRUCTURAL TRES DEL EDIFICIO DE POST GRADO DE LA ULEAM DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 A,” *Revista CIENCIA*, vol. 18, pp. 407–422, 2016.
- [9] N. Morocho, “Análisis comparativo estructural y constructivo de una edificación de cuatro pisos entre el sistema steel framing, el hormigón armado y la estructura metálica,” p. 146, 2020.
- [10] D. E. Lucero, “Diseño de una vivienda del programa Casa Para Todos en sistema “Steel Framing” y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional,” 2019.
- [11] C. Cáceres, “Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas,” *Economía*, p. 162, 2018.
- [12] L. C. Romero Accaro, Henman Gustavo; Soto Cueva, “Análisis de factibilidad para la construcción de viviendas unifamiliares utilizando el SEL (Sistema

- Estructural Liviano),” p. 230, 2013, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4239/1/UPS-CT002601.pdf>
- [13] M. P. Carpio Toral, “Diseño estructural de una vivienda aplicado el sistema constructivo STEEL FRAMING,” 2014.
- [14] H. Olivieri, I. C. A. Barbosa, A. C. da Rocha, A. D. Granja, and P. S. P. Fontanini, “A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel Framing,” *Ambiente Construído*, vol. 17, no. 4, pp. 45–60, Dec. 2017, doi: 10.1590/s1678-86212017000400184.
- [15] E. Wehling, STEEL FRAMING MANUAL DE APOYO, CUARTA EDI. BUENOS AIRES - ARGENTINA: Barbieri, 2017. [Online]. Available: [industrias@adbarbieri.com.ar](mailto:industrias@adbarbieri.com.ar)
- [16] D. R. Askeland, P. Fulay, and W. Wringht, “The Science and Engineering of Materials,” CENGAGE Learning, vol. 6, pp. 0–495, 2011.
- [17] I. Instituto and D. Construcción, Manual de Recomendaciones para Construir con Steel Framing, NOV. 2018., no. 011. BUENOS AIRES - ARGENTINA: INCOSE Instituto de la Construcción en Seco, 2018. [Online]. Available: [info@incose.org.ar](mailto:info@incose.org.ar) / [www.incose.org.ar](http://www.incose.org.ar)
- [18] NTE, Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. 2006.
- [19] A. AISINA, Construcciones en Steel Framing Edición 2015, PRIMERA., no. 011. BUENOS AIRES - ARGENTINA: INCOSE Instituto de la Construcción en Seco, 2015.
- [20] AISI, American Iron and Steel Institute. 2007.
- [21] A. I. A. S. Institute, AISI S100: North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members. 2016.
- [22] E. Tapia Hernández, “COMPORTAMIENTO DE CONEXIONES DE MARCOS DE ACERO ANTE DEMANDAS SÍSMICAS,” *Revista de Ingeniería Sísmica*, no. 103, pp. 37–55, Sep. 2020, doi: 10.18867/ris.103.562.
- [23] W. R. Serquén, “INGENIERÍA GEOTÉCNICA Suelos y Cimentaciones,” 2019.
- [24] A. M. Sarmanho Freitas and R. C. Moraes de Crasto, Steel Framing Y SUS PRINCIPALES USOS EN URUGUAY. 2015.
- [25] G. J. Botero, “Manual de Cimentaciones Zapatas,” 2019.
- [26] AISI, AISI 230.
- [27] J. F. Shackelford, Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. 2005.
- [28] W. F. (William F. Smith, Javad. Hashemi, Gabriel. Nagore Cázares, and P. Alejandro. González-Caver, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales.

- [29] Callister W., "Fundamentals of Materials Science and Engineering An Interactive," 2001.
- [30] M. F. Ashby et al., "Materials Selection in Mechanical Design." [Online]. Available: <http://books.elsevier.com>
- [31] L. Abarca, M. Álvarez, O. Rodrigo, and M. Reyes, "' Ensayo Jominy y templabilidad ",' no. June, 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.24191.15526.
- [32] C. GUZMAN, "ANÁLISIS DE ACEROS POR MICROSCOPIA ÓPTICA," INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, MEXICO D.F., 2013.
- [33] I. OLMO, "ESTUDIO METALOGRAFICO DE ACEROS EMPLEADOS PARA IMPARTIR DOCENCIA EN INGENIERÍA DE MATERIALES.," UNIVERSIDAD DE SEVILLA, SEVILLA, 2017.
- [34] J. Guamán, "ANÁLISIS METALOGRAFICO DE ACEROS COMERCIALES PARA HERRAMIENTAS EN LA CIUDAD DE CUENCA - ECUADOR," CUENCA, 2018.
- [35] M. Ipohorski and P. B. Bozzano, "MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES," CIENCIA E INVESTIGACIÓN, vol. 3, 2013.
- [36] J. Lozano, Análisis metalográfico de aceros comerciales para herramientas en la ciudad de Cuenca - Ecuador. 2018. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12672/1/UPS-GT001700.pdf%0A%0A>
- [37] C. Chamorro and J. José, "CARACTERIZACIÓN DEL GRADO DE ADHERENCIA Y DIFUSIÓN DE LA CAPA DE ALEACIÓN HIERRO-ZINC PARA PERFILES GALVANIZADOS DE ACERO ESTRUCTURAL DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO," ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2018.
- [38] C. Castellanos and C. Viliesid Alonso, "CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN CON MEDIDORES DE ESPESORES POR ULTRASONIDO," 2010, Accessed: Aug. 01, 2022. [Online]. Available: <https://docplayer.es/6196564-Consideraciones-en-la-estimacion-de-incertidumbre-en-la-calibracion-y-medicion-con-medidores-de-espesores-por-ultrasonido.html>
- [39] ASTM, "A 370-03a Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.," A 370-03a, 2003
- [40] Villegas L, "ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE," UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO, 2019.

- [41] INEN, PERFILES ESPECIALES ABIERTOS, LIVIANOS, PREGALVANIZADOS Y CONFORMADOS EN FRÍO PARA USO EN ESTRUCTURAS PORTANTES. QUITO, 2010. Accessed: Jul. 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2526.pdf>
- [42] ASTM, Designation: A 572/A 572M-07 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel. 2007, pp. 1–4. [Online]. Available: [www.astm.org](http://www.astm.org),
- [43] Cadena F and Sosa J, Estudio de la corrosividad atmosférica del acero al carbono en nueve ciudades del Ecuador. QUITO, 2019.
- [44] F. X. Cadena and J. E. Sosa, La corrosión atmosférica del acero galvanizado en el Ecuador. QUITO, 2019.
- [45] NTE INEN-ISO 12944-2, PINTURAS Y BARNICES. PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO FRENTE A LA CORROSIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE PINTURA PROTECTORES. PARTE 2: CLASIFICACIÓN DE AMBIENTES (ISO 12944-2:1998, IDT). QUITO, 2014.

## 5.4 Anexos.

### 5.4.1 Propiedades seccionales del material.

- Propiedades seccionales de Studs, PGC o montante.

Designación del perfil	Sección SSSMA	Dimensiones				Fy (MPa)	Propiedades Brutas										Propiedades Efectivas					Lu (mm)
		Alma (mm)	Ala (mm)	Labio (mm)	Espeor nominal (mm)		Área (mm²)	Peso (N/m)	Peso (kg/m)	Ix (mm⁴)	Sx (mm³)	Rx (mm)	Iy (mm⁴)	Ry (mm)	Ixc (mm⁴)	Sxc (mm³)	Mac (N·m)	Mad (N·m)	Vag (N)	Vanet (N)		
PGC 89x41x13x0,93	3505162-33	89	41	13	0,93	230	166,5	12,84	1,31	211445	4752	35,7	40791	15,7	211445	4211	574,0	589,9	4555	2166	1085	
PGC 89x41x13x1,20	3505162-43	89	41	13	1,20	230	215,5	16,63	1,70	272215	6129	35,6	52029	15,5	272215	5850	796,7	826,0	7735	2807	1082	
PGC 89x41x13x1,50	3505162-54	89	41	13	1,50	230	267,8	20,57	2,10	334650	7538	35,4	63267	15,4	334650	7325	997,8	1026,0	10021	2816	1085	
PGC 89x41x13x1,90	3505162-68	89	41	13	1,90	230	332,3	25,54	2,60	409988	9226	35,1	76587	15,2	409988	6981	1439,6	1474,7	14999	4212	876	
PGC 89x41x13x1,90	3505162-68	89	41	13	1,90	340	332,3	25,54	2,60	409988	9226	35,1	76587	15,2	409988	9029	1419,5	1449,8	12339	2633	1008	
PGC 89x41x13x2,60	3505162-97	89	41	13	2,60	230	458,7	35,31	3,60	549425	12356	34,6	99063	14,7	549425	12094	2001,2	2046,4	16747	2273	993	
PGC 89x41x13x2,60	3505162-97	89	41	13	2,60	340	458,7	35,31	3,60	549425	12356	34,6	99063	14,7	549425	12094	2958,3	3023,9	25371	3447	805	
PGC 102x41x13x0,93	4005162-33	102	41	13	0,93	230	177,4	13,72	1,40	288032	5670	40,3	42872	15,5	288032	4900	667,8	685,9	4341	2647	1074	
PGC 102x41x13x1,20	4005162-43	102	41	13	1,20	230	230,3	17,66	1,80	371278	7909	40,2	54526	15,4	371278	6833	930,0	965,0	7735	3603	1072	
PGC 102x41x13x1,50	4005162-54	102	41	13	1,50	230	285,8	22,03	2,25	457022	8996	40,0	66181	15,2	457022	8620	1174,1	1224,9	11578	4199	1072	
PGC 102x41x13x1,50	4005162-54	102	41	13	1,50	340	285,8	22,03	2,25	457022	8996	40,0	66181	15,2	457022	8161	1683,7	1723,3	14999	5440	866	
PGC 102x41x13x1,90	4005162-68	102	41	13	1,90	230	354,9	27,29	2,78	560247	11028	39,7	79916	15,0	560247	10783	1469,0	1502,9	14300	3981	1072	
PGC 102x41x13x1,90	4005162-68	102	41	13	1,90	340	354,9	27,29	2,78	560247	11028	39,7	79916	15,0	560247	10619	1593,3	1666,0	11578	6031	864	
PGC 102x41x13x2,60	4005162-97	102	41	13	2,60	230	491,6	37,79	3,85	754211	14847	39,2	103642	14,5	754211	14617	2418,2	2457,8	19545	3545	973	
PGC 102x41x13x2,60	4005162-97	102	41	13	2,60	340	491,6	37,79	3,85	754211	14847	39,2	103642	14,5	754211	14617	3575,3	3633,0	29615	5369	790	
PGC 140x41x13x0,93	5505162-33	140	41	13	0,93	230	211,0	16,20	1,65	606865	8685	53,6	47034	15,0	606865	8390	1142,4	975,2	3109	3109	1052	
PGC 140x41x13x1,20	5505162-43	140	41	13	1,20	230	273,6	21,01	2,14	783763	11225	53,5	60353	14,8	783763	11160	1671,5	1484,8	6894	5333	996	
PGC 140x41x13x1,50	5505162-54	140	41	13	1,50	230	340,7	26,27	2,68	967321	13847	53,3	73257	14,7	967321	13847	2120,1	2019,3	12183	7410	983	
PGC 140x41x13x1,50	5505162-54	140	41	13	1,50	340	340,7	26,27	2,68	967321	13847	53,3	73257	14,7	967321	13290	3035,4	2657,8	13758	8367	803	
PGC 140x41x13x1,90	5505162-68	140	41	13	1,90	230	423,9	32,69	3,33	1190837	17042	53,0	88241	14,4	1190837	17042	2680,6	2680,4	19334	9150	965	
PGC 140x41x13x1,90	5505162-68	140	41	13	1,90	340	423,9	32,69	3,33	1190837	17042	53,0	88241	14,4	1190837	16895	3948,4	3647,6	23797	11262	790	
PGC 140x41x13x2,60	5505162-97	140	41	13	2,60	230	590,4	45,38	4,63	1617474	23155	52,3	114880	13,9	1617474	23155	3831,8	3831,8	27942	8883	935	
PGC 140x41x13x2,60	5505162-97	140	41	13	2,60	340	590,4	45,38	4,63	1617474	23155	52,3	114880	13,9	1617474	23155	5664,7	5664,7	42336	13460	762	
PGC 203x41x13x0,93	8005162-33	203	41	13	0,93	230	266,5	20,57	2,10	1490939	14683	74,8	52029	14,0	1408526	11635	1585,4	1424,9	2108	2108	1019	
PGC 203x41x13x1,20	8005162-43	203	41	13	1,20	230	346,5	26,70	2,72	1928398	18976	74,6	66597	13,9	1873040	16698	2275,8	2071,3	4675	4675	1011	
PGC 203x41x13x1,50	8005162-54	203	41	13	1,50	230	432,3	33,27	3,39	2387501	23499	74,3	80749	13,7	2373449	21860	2978,7	2822,7	9301	9301	1006	
PGC 203x41x13x1,50	8005162-54	203	41	13	1,50	340	432,3	33,27	3,39	2387501	23499	74,3	80749	13,7	2330894	20140	4157,3	3707,5	9301	9301	815	
PGC 203x41x13x1,90	8005162-68	203	41	13	1,90	230	539,4	41,44	4,22	2950662	29038	74,0	97814	13,5	2950662	29464	3878,2	3823,9	18775	14976	998	
PGC 203x41x13x1,90	8005162-68	203	41	13	1,90	340	539,4	41,44	4,22	2950662	29038	74,0	97814	13,5	2942753	27252	5627,4	5097,4	18775	14976	810	
PGC 203x41x13x2,60	8005162-97	203	41	13	2,60	230	754,2	58,08	5,92	4042852	39788	73,2	126950	13,0	4042852	39788	6584,7	6584,5	39334	21457	892	
PGC 203x41x13x2,60	8005162-97	203	41	13	2,60	340	754,2	58,08	5,92	4042852	39788	73,2	126950	13,0	4042852	39788	8215,1	8128,1	48416	26412	798	
PGC 254x41x13x1,20	10005162-43	254	41	13	1,20	230	404,5	31,08	3,17	3340254	26301	90,9	69927	13,2	3131306	21336	2908,6	2541,4	3719	3719	986	
PGC 254x41x13x1,50	10005162-54	254	41	13	1,50	230	505,2	38,81	3,96	4141498	32610	90,6	84911	13,0	4007056	28218	3844,3	3515,4	7388	7388	980	
PGC 254x41x13x1,50	10005162-54	254	41	13	1,50	340	505,2	38,81	3,96	4141498	32610	90,6	84911	13,0	3908825	25760	5318,9	4561,8	7388	7388	795	
PGC 254x41x13x1,90	10005162-68	254	41	13	1,90	230	631,0	48,59	4,95	5130047	40394	90,2	102393	12,8	5101327	37297	5082,7	4848,8	14879	14879	970	
PGC 254x41x13x1,90	10005162-68	254	41	13	1,90	340	631,0	48,59	4,95	5130047	40394	90,2	102393	12,8	4985615	35298	7289,6	6367,6	14879	14879	787	
PGC 254x41x13x2,60	10005162-97	254	41	13	2,60	230	885,2	68,14	6,95	7062191	55601	89,3	133194	12,3	7062191	55601	7577,8	7576,7	39334	28618	953	
PGC 254x41x13x2,60	10005162-97	254	41	13	2,60	340	885,2	68,14	6,95	7062191	55601	89,3	133194	12,3	7062191	53569	11061,6	10459,3	43875	31923	772	
PGC 305x41x13x1,50	12005162-54	305	41	13	1,50	230	578,1	44,51	4,54	6547314	42967	106,4	88241	12,3	6136494	34560	4709,8	4110,9	6125	6125	953	
PGC 305x41x13x1,50	12005162-54	305	41	13	1,50	340	578,1	44,51	4,54	6547314	42967	106,4	88241	12,3	5951271	31365	6476,0	5282,8	6125	6125	775	
PGC 305x41x13x1,90	12005162-68	305	41	13	1,90	230	723,3	55,60	5,67	8123997	53307	106,0	106139	12,1	7889659	46162	6289,6	5757,4	12325	12325	945	
PGC 305x41x13x1,90	12005162-68	305	41	13	1,90	340	723,3	55,60	5,67	8123997	53307	106,0	106139	12,1	7654488	43344	8948,5	7473,8	12325	12325	767	
PGC 305x41x13x2,60	12005162-97	305	41	13	2,60	230	1016,8	78,21	7,97	11224085	73643	105,1	137772	11,7	11224085	70907	9662,6	9476,2	36238	32964	925	
PGC 305x41x13x2,60	12005162-97	305	41	13	2,60	340	1016,8	78,21	7,97	11224085	73643	105,1	137772	11,7	11127936	67039	13841,4	12576,9	36238	32964	749	
PGC 305x41x13x1,50	12005162-54	305	41	13	1,50	230	578,1	44,51	4,54	6547314	42967	106,4	88241	12,3	6136494	34560	4709,8	4110,9	6125	6125	953	
PGC 305x41x13x1,50	12005162-54	305	41	13	1,50	340	578,1	44,51	4,54	6547314	42967	106,4	88241	12,3	5951271	31365	6476,0	5282,8	6125	6125	775	
PGC 305x41x13x1,90	12005162-68	305	41	13	1,90	230	723,3	55,60	5,67	8123997	53307	106,0	106139	12,1	7889659	46162	6289,6	5757,4	12325	12325	945	
PGC 305x41x13x1,90	12005162-68	305	41	13	1,90	340	723,3	55,60	5,67	8123997	53307	106,0	106139	12,1	7654488	43344	8948,5	7473,8	12325	12325	767	
PGC 305x41x13x2,60	12005162-97	305	41	13	2,60	230	1016,8	78,21	7,97	11224085	73643	105,1	137772	11,7	11224085	70907	9662,6	9476,2	36238	32964	925	
PGC 305x41x13x2,60	12005162-97	305	41	13	2,60	340	1016,8	78,21	7,97	11224085	73643	105,1	137772	11,7	11127936	67039	13841,4	12576,9	36238	32964	749	

Fuente: AISI S 100. [1].

• **Propiedades seccionales de Tracks, PGU o Solera.**

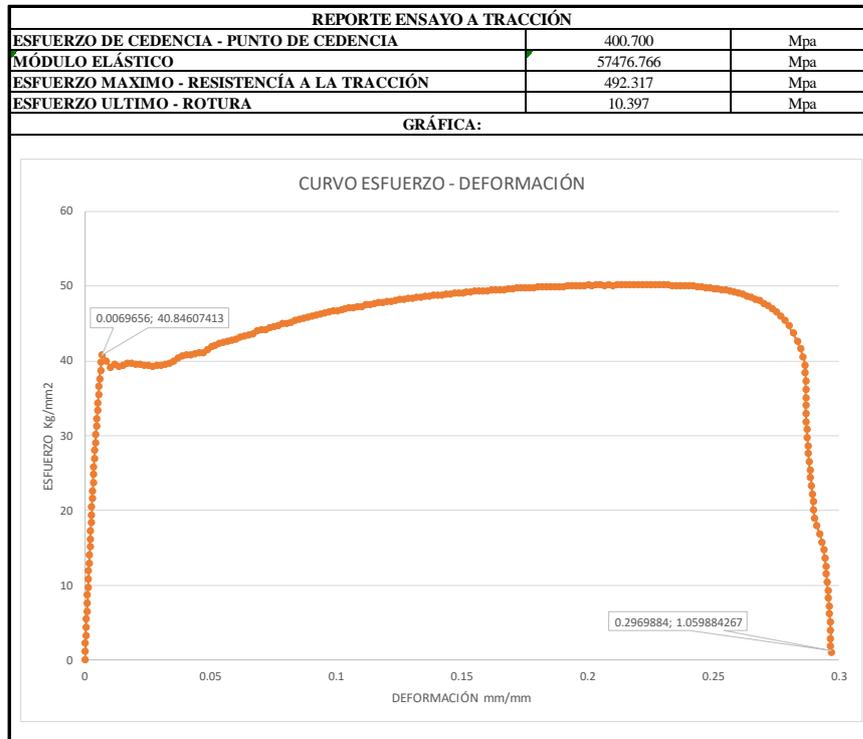
Designación del perfil	Sección SSMA	Dimensiones			Propiedades Brutas								Prop. Efectivas (230 MPa)				Prop. Efectivas (340 MPa)			
		Alma	Ala	Espesor Nominal	Área	Peso	Peso	Ix	Sx	Rx	Iy	Ry	Ixe	Sxe	Ma	Vag	Ixe	Sxe	Ma	Vag
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N/m)	(Kg/m)	(mm <sup>4</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm)	(mm <sup>4</sup> )	(mm)	(mm <sup>4</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(N-m)	(N)	(mm <sup>4</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(N-m)	(N)
PGU 89x38x0,93	350T150-33	89	38	0,93	145,2	11,09	1,13	191882	4146	36,4	20395	11,9	159000	2802	383,1	4555	-	-	-	-
PGU 89x38x1,20	350T150-43	89	38	1,20	189,1	14,59	1,49	250155	5375	36,4	26639	11,9	221019	3982	542,4	7735	-	-	-	-
PGU 89x38x1,50	350T150-54	89	38	1,50	236,8	18,24	1,86	316752	6751	36,6	32882	11,8	296356	5440	742,4	10640	282621	5080	1048,6	14999
PGU 89x38x1,90	350T150-68	89	38	1,90	298,1	22,91	2,34	404577	8488	36,8	41207	11,7	398333	7522	1024,9	13317	382516	7014	1447,5	20176
PGU 89x38x2,60	350T150-97	89	38	2,60	425,2	32,69	3,34	591880	12094	37,3	56607	11,6	591880	12094	1647,5	18739	591880	11487	2370,7	28392
PGU 102x38x0,93	400T150-33	102	38	0,93	156,2	11,97	1,22	258896	4916	40,7	21228	11,7	216024	3408	465,6	4181	-	-	-	-
PGU 102x38x1,20	400T150-43	102	38	1,20	203,3	15,61	1,59	337563	6391	40,7	27471	11,6	299270	4801	655,4	7735	-	-	-	-
PGU 102x38x1,50	400T150-54	102	38	1,50	255,5	19,70	2,01	426637	8013	40,9	34131	11,6	399582	6538	891,6	12183	382100	6129	1264,5	14999
PGU 102x38x1,90	400T150-68	102	38	1,90	321,3	24,66	2,52	543598	10078	41,1	42456	11,5	535273	8980	1222,7	15279	514878	8407	1734,6	23152
PGU 102x38x2,60	400T150-97	102	38	2,60	458,1	35,17	3,59	792088	14322	41,6	58689	11,4	792088	14322	1951,5	21537	792088	13634	2816,0	32635
PGU 140x38x0,93	550T150-33	140	38	0,93	189,7	14,59	1,49	539019	7522	53,3	22893	11,0	464098	5080	691,6	3025	-	-	-	-
PGU 140x38x1,20	550T150-43	140	38	1,20	247,1	18,97	1,94	702598	9767	53,3	29969	11,0	631006	7669	1045,3	6690	-	-	-	-
PGU 140x38x1,50	550T150-54	140	38	1,50	309,7	23,78	2,43	885740	12241	53,5	37045	10,9	834543	10291	1402,3	12183	802493	9750	2012,5	13255
PGU 140x38x1,90	550T150-68	140	38	1,90	390,4	30,06	3,07	1123407	15387	53,6	45785	10,8	1107174	13929	1898,4	19335	1069297	13175	2719,9	23797
PGU 140x38x2,60	550T150-97	140	38	2,60	556,2	42,75	4,36	1624966	21844	54,1	63683	10,7	1624966	21844	2977,6	29935	1624966	20943	4324,5	45356
PGU 203x38x0,93	800T150-33	203	38	0,93	245,2	18,82	1,92	1323615	12798	73,4	24974	10,1	1069297	6784	924,3	2068	-	-	-	-
PGU 203x38x1,20	800T150-43	203	38	1,20	320,0	24,66	2,52	1724861	16633	73,4	32050	10,0	1535476	10733	1463,4	4581	-	-	-	-
PGU 203x38x1,50	800T150-54	203	38	1,50	401,3	30,94	3,16	2170228	20844	73,6	39958	10,0	2071165	15879	2164,0	9069	1952956	13831	2855,5	9069
PGU 203x38x1,90	800T150-68	203	38	1,90	505,2	38,96	3,98	2744627	26203	73,7	49531	9,9	2716740	23138	3153,8	18179	2647645	20566	4246,5	18179
PGU 203x38x2,60	800T150-97	203	38	2,60	720,1	55,45	5,66	3945454	37182	74,0	68678	9,8	3945454	37182	5065,8	39334	3945454	35920	7415,1	48416
PGU 254x38x1,20	1000T150-43	254	38	1,20	378,1	29,04	2,96	2999777	23253	89,1	33298	9,4	2578551	13716	1869,0	3656	-	-	-	-
PGU 254x38x1,50	1000T150-54	254	38	1,50	474,3	36,48	3,72	3771469	29120	89,2	41623	9,3	3508827	20467	2790,0	7241	3279900	17682	3648,8	7241
PGU 254x38x1,90	1000T150-68	254	38	1,90	597,5	45,96	4,69	4763764	36592	89,3	51613	9,3	4720892	30250	4122,2	14505	4484473	26563	5483,9	14505
PGU 254x38x2,60	1000T150-97	254	38	2,60	851,7	65,52	6,69	6831599	51947	89,6	71176	9,1	6831599	51865	7067,0	39334	6831599	47555	9819,7	42287
PGU 305x38x1,50	1200T150-54	305	38	1,50	547,2	42,17	4,30	5984569	38624	104,6	42872	8,8	5395186	25072	3416,0	6023	5003097	21516	4442,0	6023
PGU 305x38x1,90	1200T150-68	305	38	1,90	689,1	53,11	5,42	7553760	48555	104,7	52861	8,8	7312346	37379	5094,0	12067	6895283	32561	6721,2	12067
PGU 305x38x2,60	1200T150-97	305	38	2,60	982,7	75,59	7,71	10816595	68924	104,9	73257	8,6	10816595	65482	8923,6	35148	10705045	59255	12234,5	35148

**Fuente:** AISI S 100. [1].

## 5.4.2 Reportes de ensayos de tracción.

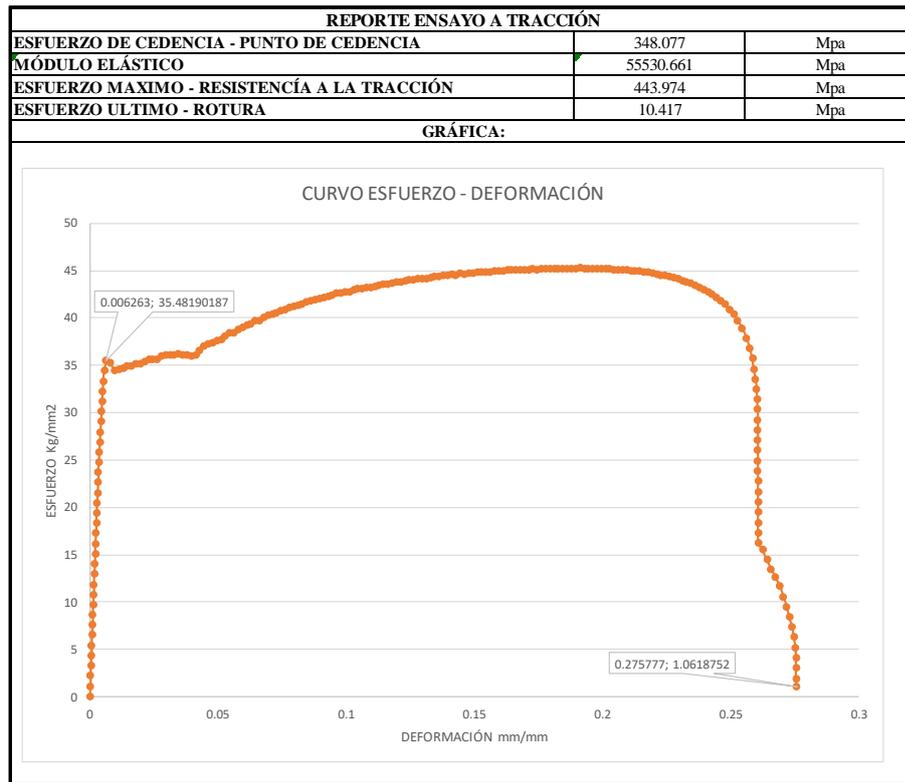
- Reportes ensayos de tracción del perfil, PGC 203x41x13x1.5:

Muestra #: A1.



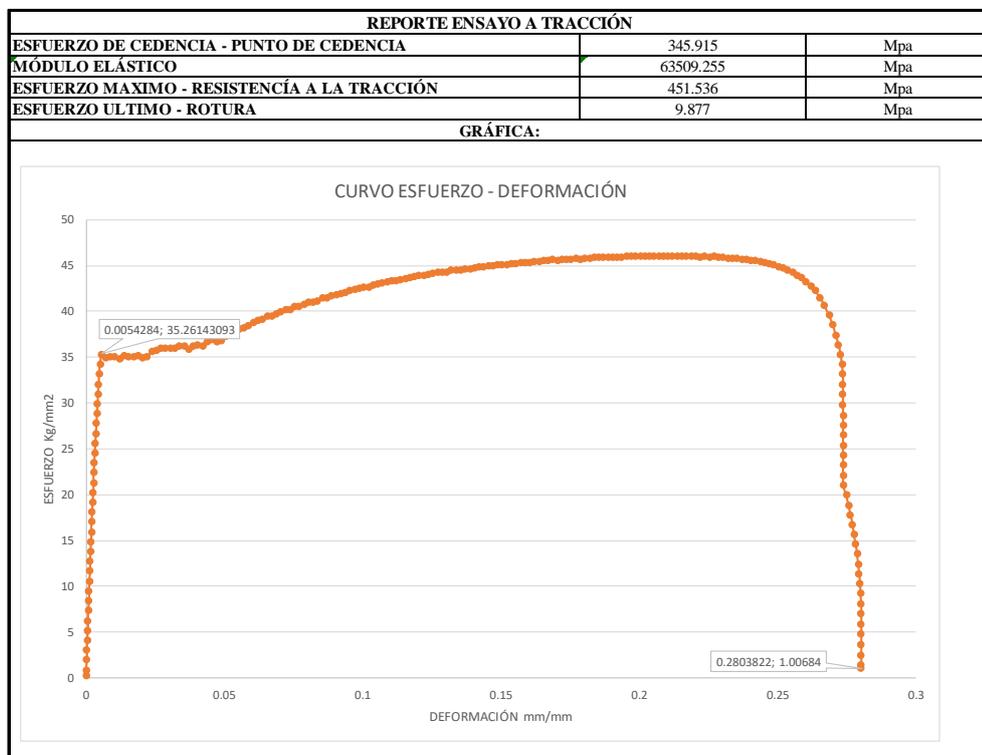
Fuente: Autor.

**Muestra #: A2.**



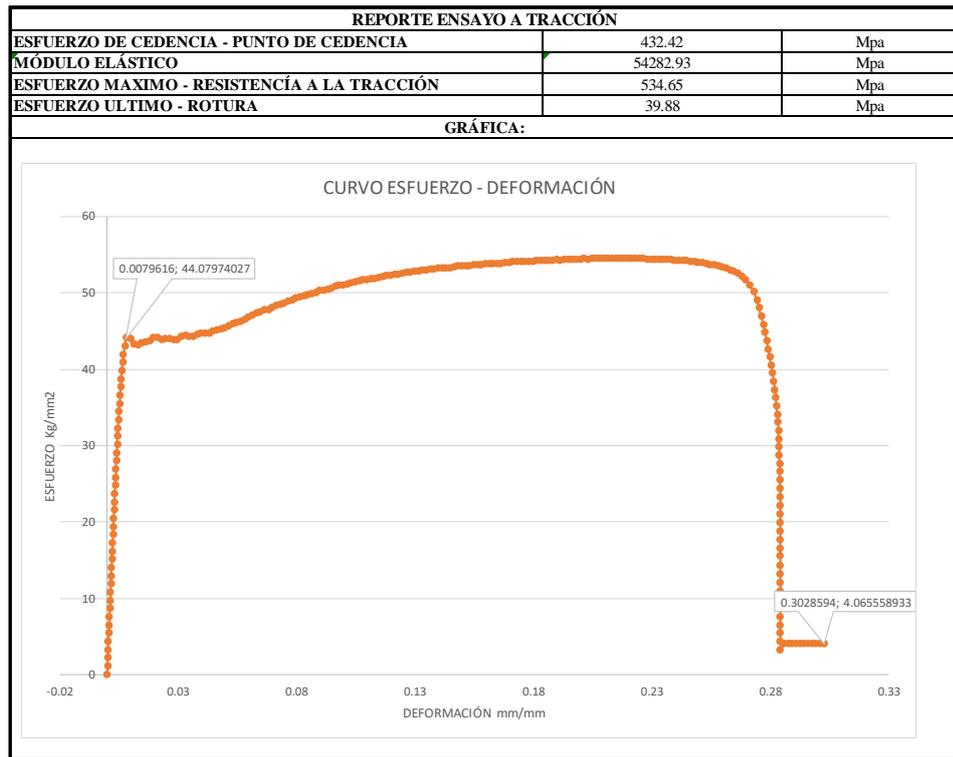
Fuente: Autor.

**Muestra #: A3.**



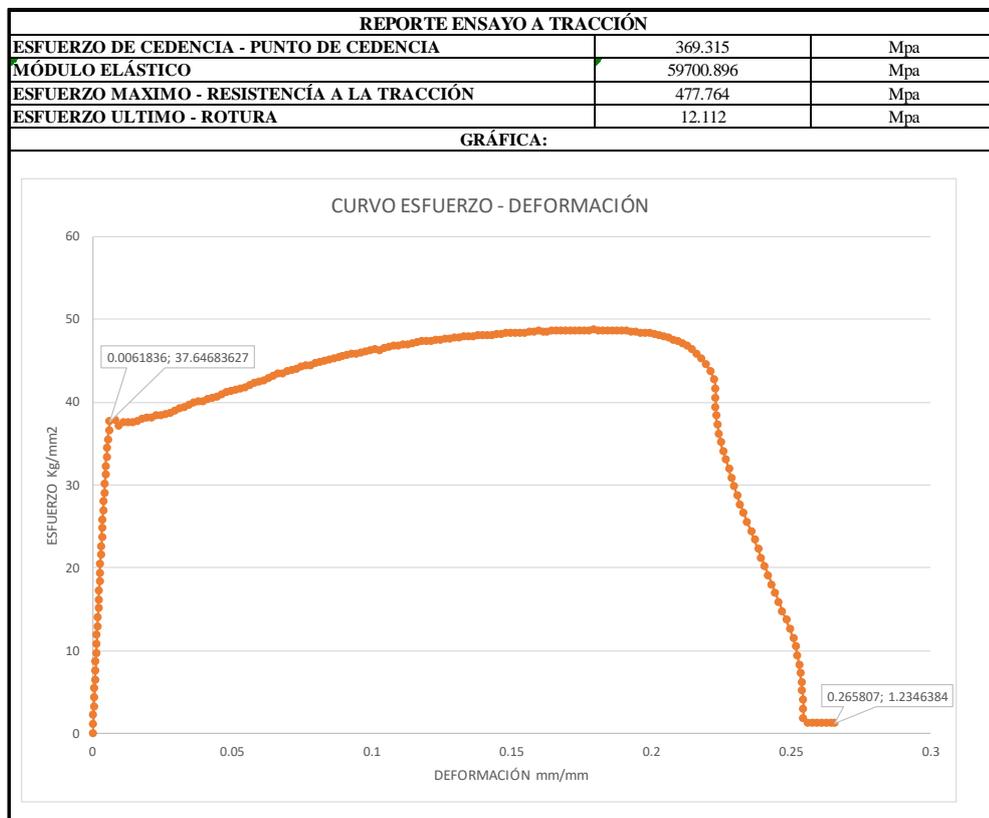
Fuente: Autor.

**Muestra #: A4.**



Fuente: Autor.

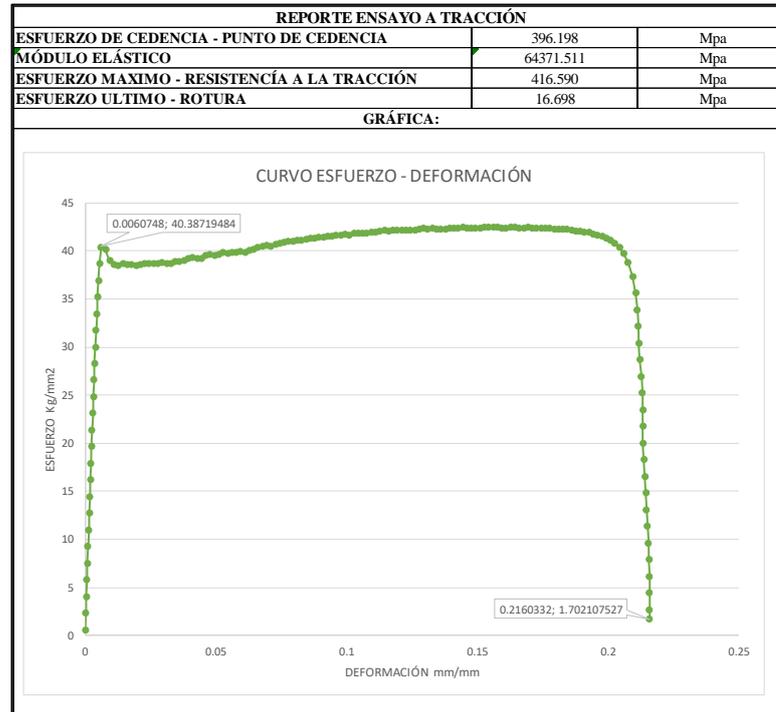
**Muestra #: A5.**



Fuente: Autor.

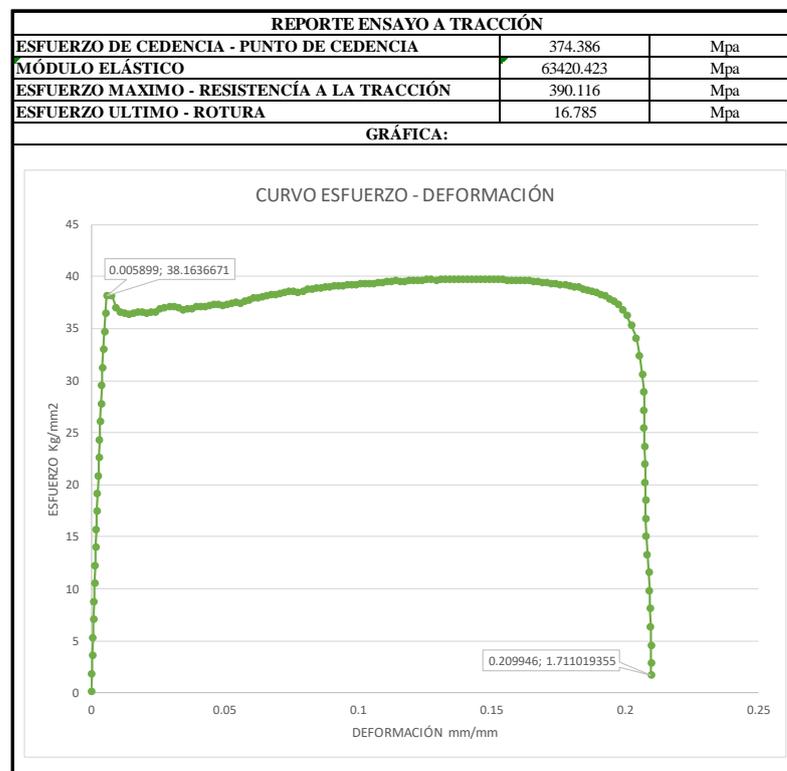
- Reportes ensayos de tracción del perfil, PGC 102x41x13x0.93:

Muestra #: L1.



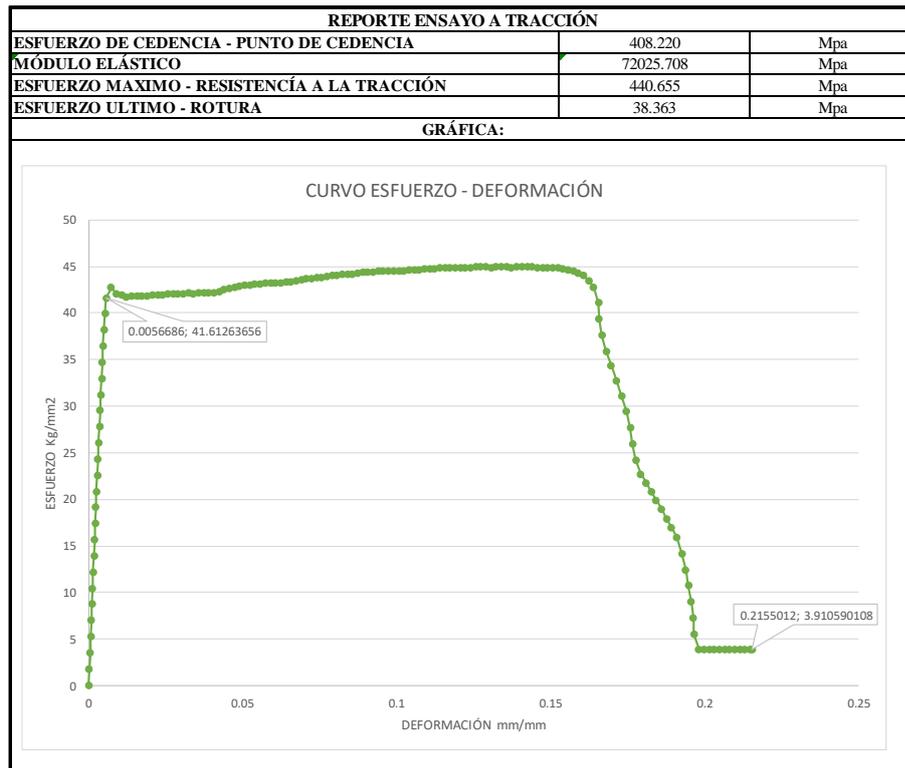
Fuente: Autor.

Muestra #: L2.



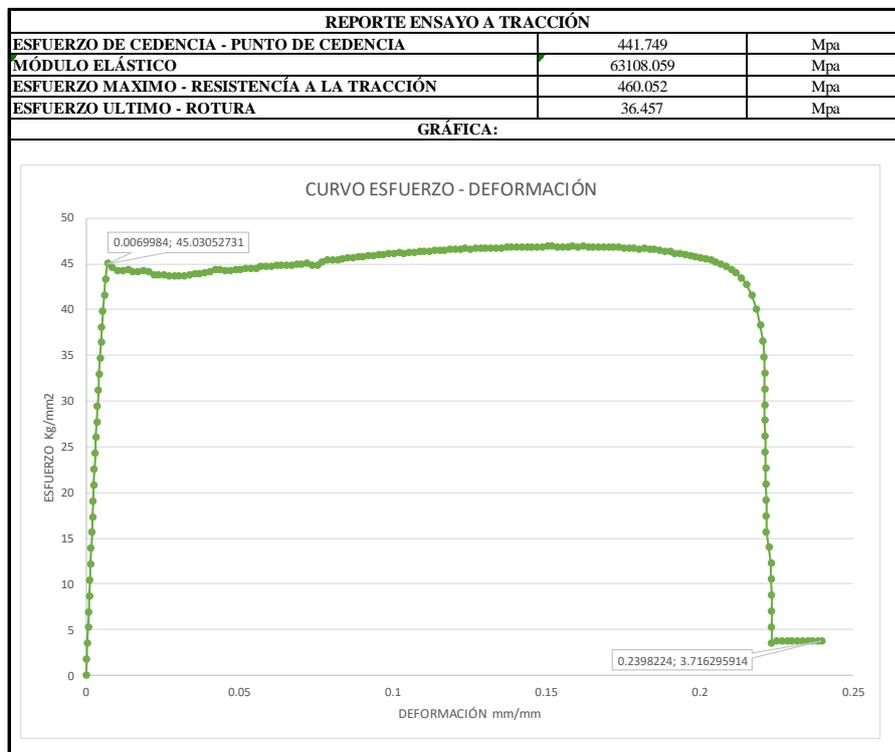
Fuente: Autor.

**Muestra #: L3.**



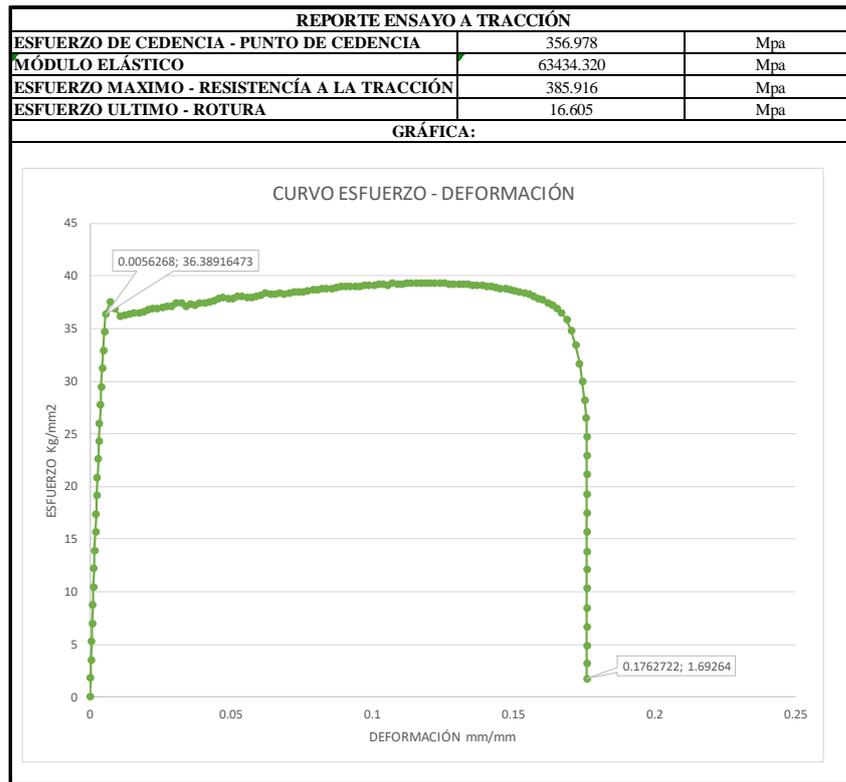
Fuente: Autor.

**Muestra #: L4.**



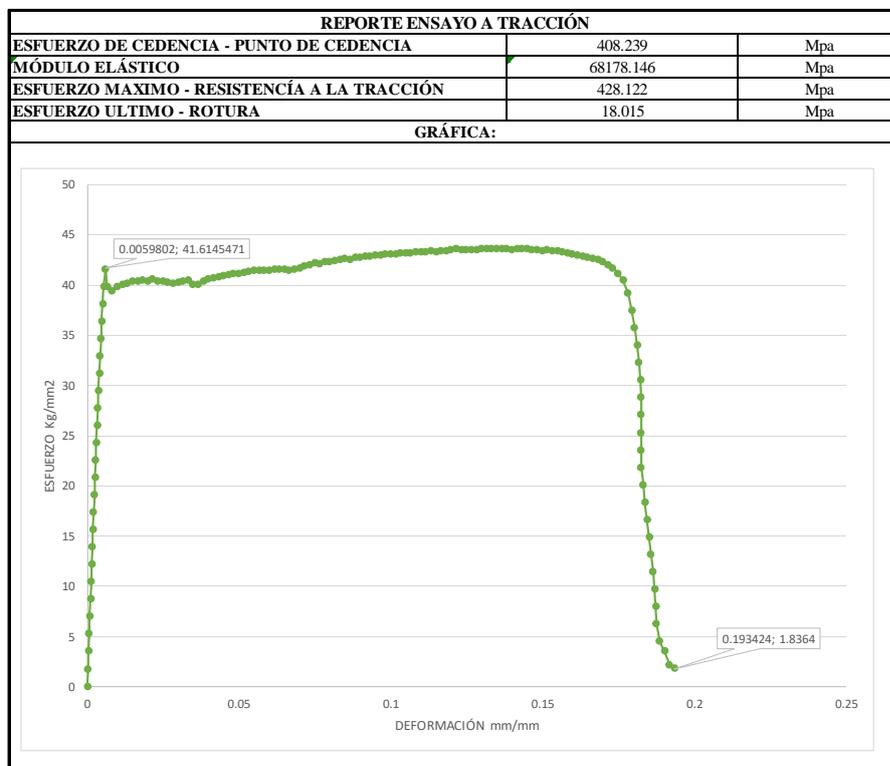
Fuente: Autor.

**Muestra #: L5.**



Fuente: Autor.

**Muestra #: L6.**



Fuente: Autor.

### 5.4.3 Reportes de análisis por Espectrometría de Chispa.



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA



### Resultados de análisis por Espectrometría de Chispa

Solicitante : Fredy Israel Alarcón  
 No. Referencia : ST - 8365  
 Fecha : 13/07/2022  
 Muestras recibidas : Dos láminas de acero galvanizado de 1,50 y 0,90 mm de espesor

La cuantificación de los metales presentes en la muestra se realizó empleando el Espectrómetro de Chispa marca BRUKER modelo Q4TASMAN y se reportan los datos con tres cifras decimales por pedido del cliente. A continuación, los resultados obtenidos:

Metales	Steel Framing e=1,5 (%)	Steel Framing e=0,9 (%)
Carbono (C)	0,198	0,056
Silicio (Si)	0,093	0,033
Manganeso (Mn)	0,948	0,106
Fósforo (P)	<0,001	<0,001
Azufre (S)	0,002	<0,001
Cromo (Cr)	0,015	0,042
Molibdeno (Mo)	0,003	0,004
Níquel (Ni)	0,001	0,010
Cobre (Cu)	0,010	0,29
Aluminio (Al)	0,012	0,014
Bismuto (Bi)	0,008	0,015
Cerio (Ce)	0,154	0,160
Titanio (Ti)	0,002	0,001
Vanadio (V)	0,001	0,001
Hierro (Fe)	98,55	99,23

ERNESTO HALE  
 DE LA TORRE  
 CHAUVIN

Firmado digitalmente por  
 ERNESTO HALE DE LA  
 TORRE CHAUVIN  
 Fecha: 2022.07.13 11:47:01  
 -05'00'

Ing. Ernesto de la Torre Ch. PhD.  
 Jefe de Departamento



Firmado digitalmente por:  
 EVELYN PAMELA  
 CRIOLLO TIRADO

MSc. Evelyn Criollo T.  
 Jefe de Laboratorio

#### 5.4.4 Ensayo de metalografía.

- Imágenes metalográficas.

Muestra #: 2.

Código: 2 Ss1

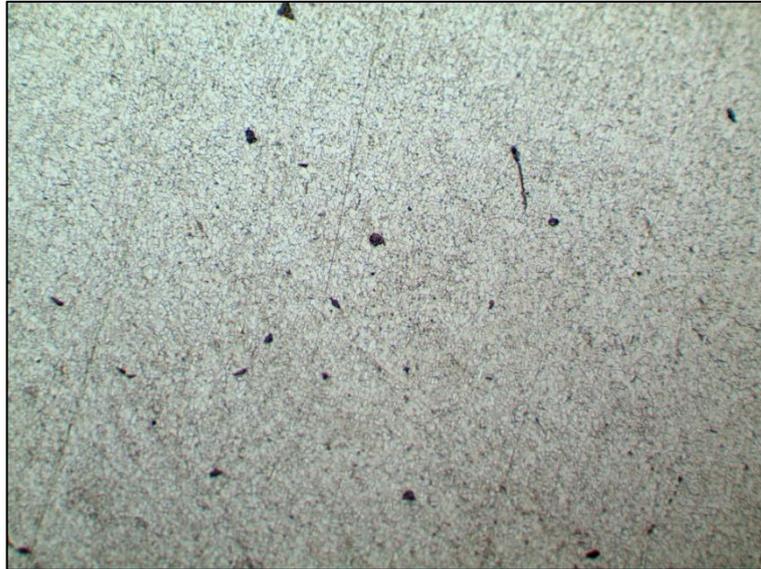


Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.

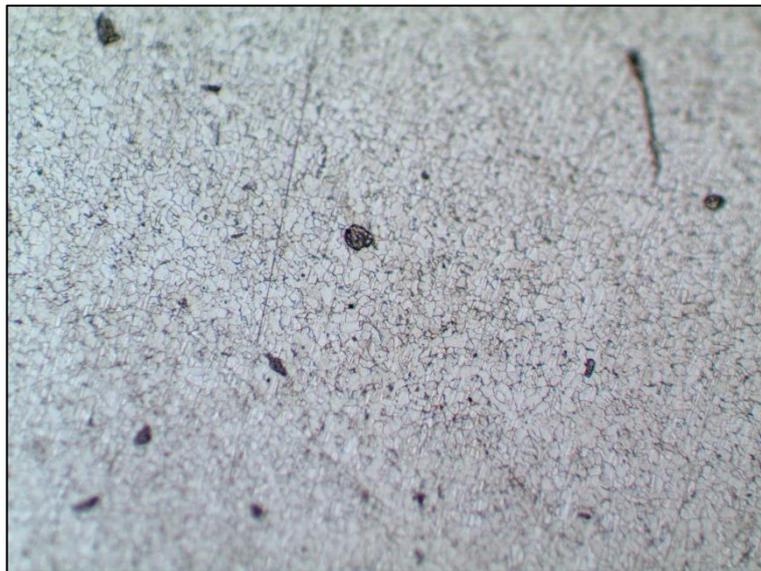


Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

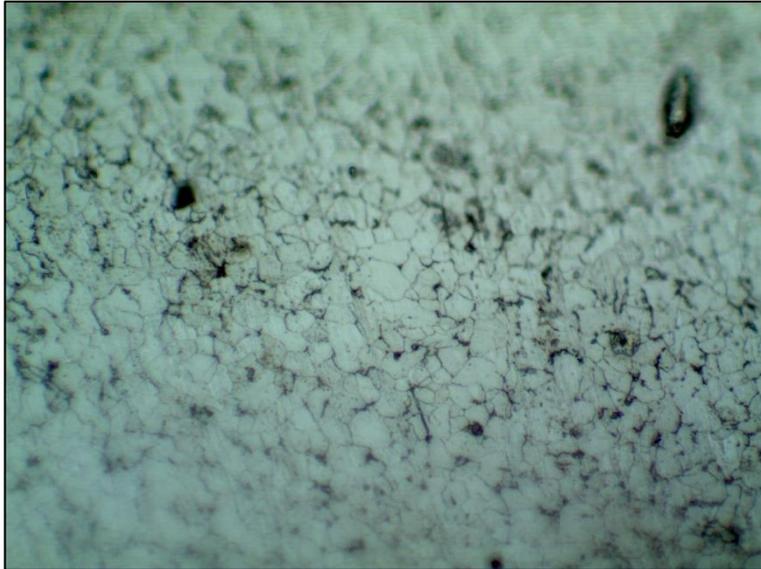


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 3.**

**Código: 3 Ss2**

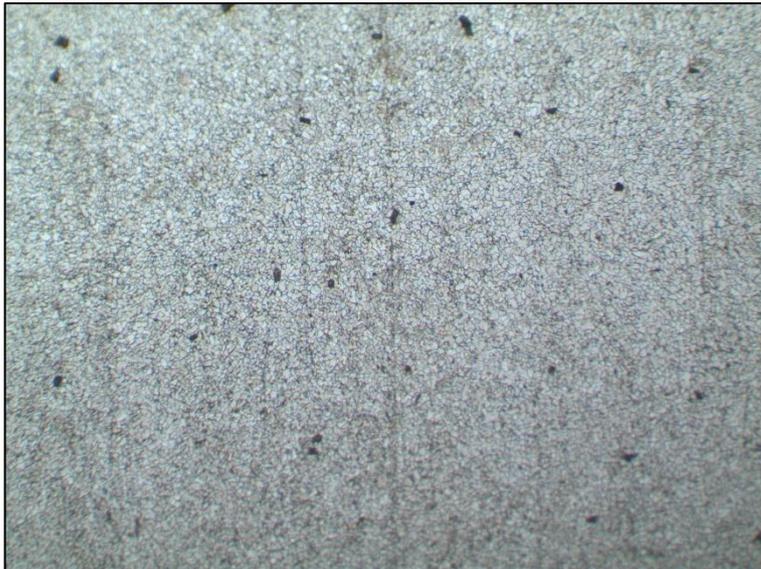


Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

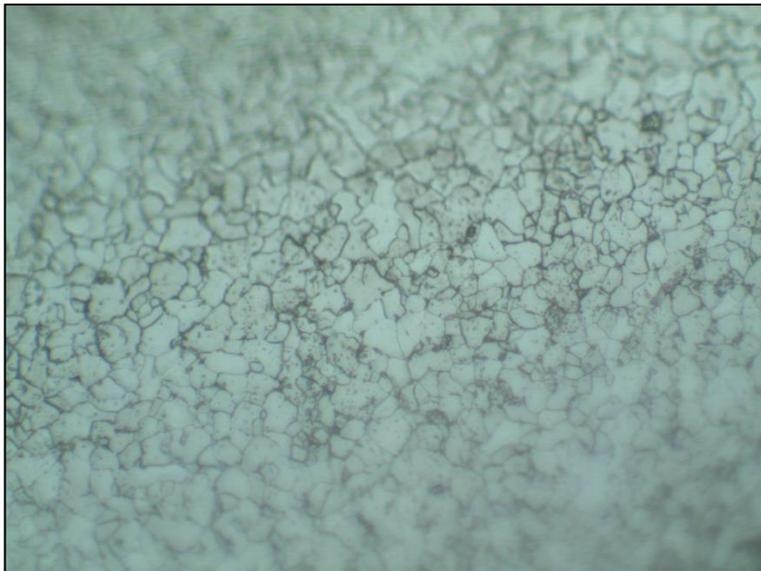


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 4.**

**Código: 4 Ss3**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 5.**

**Código: 5 Ss2**

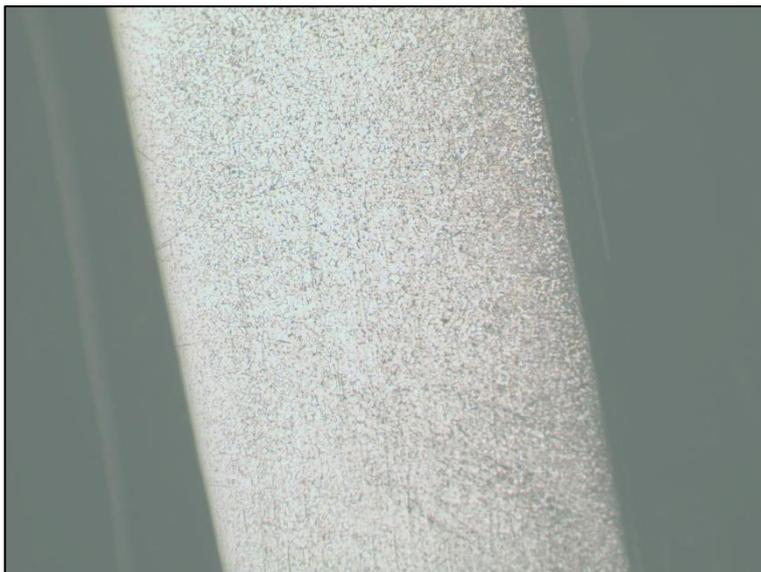


Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

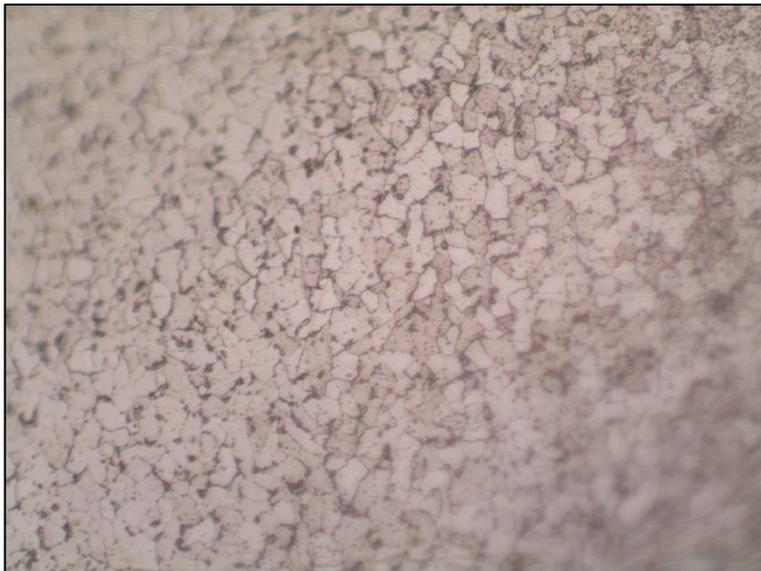


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 6.**

**Código: 6 Ts1**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.

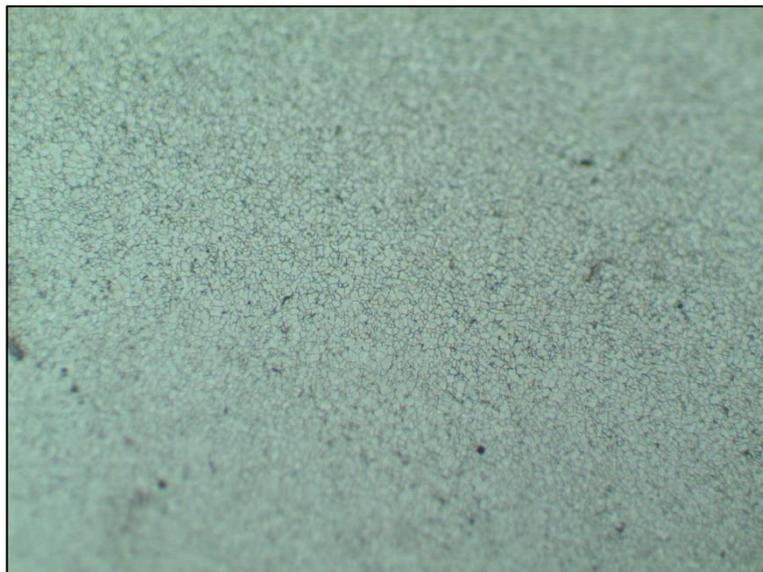


Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

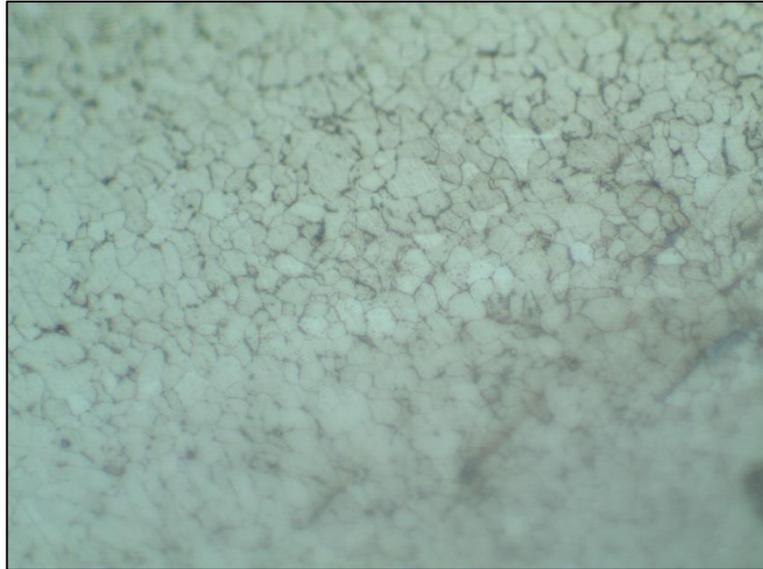


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 7.**

**Código: 7 Ts1**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.

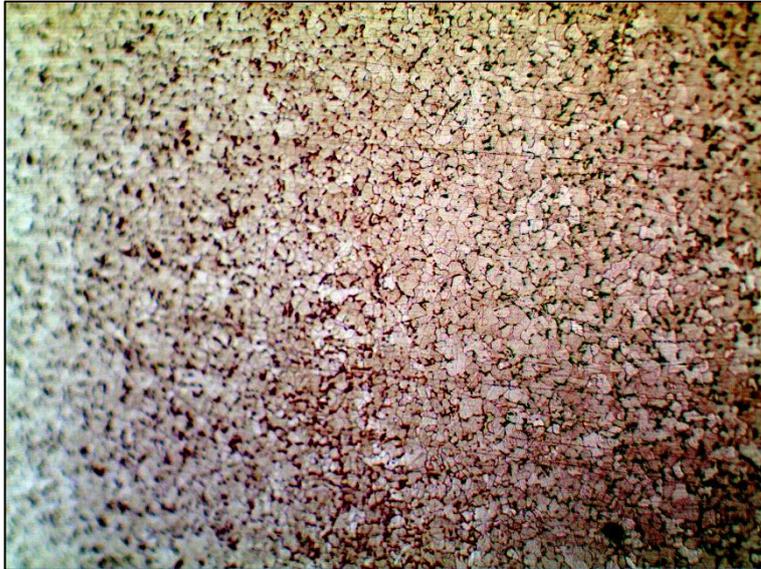


Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

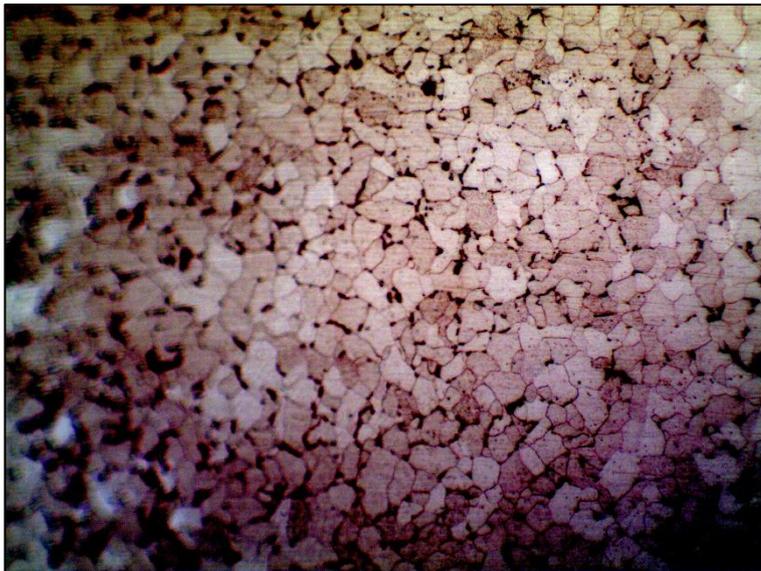


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 8.**

**Código: 8 Ts2-2**

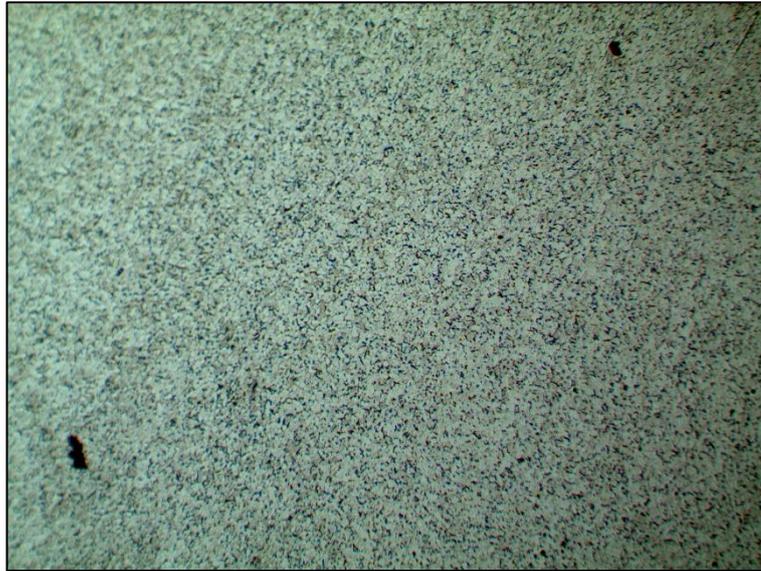


Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.

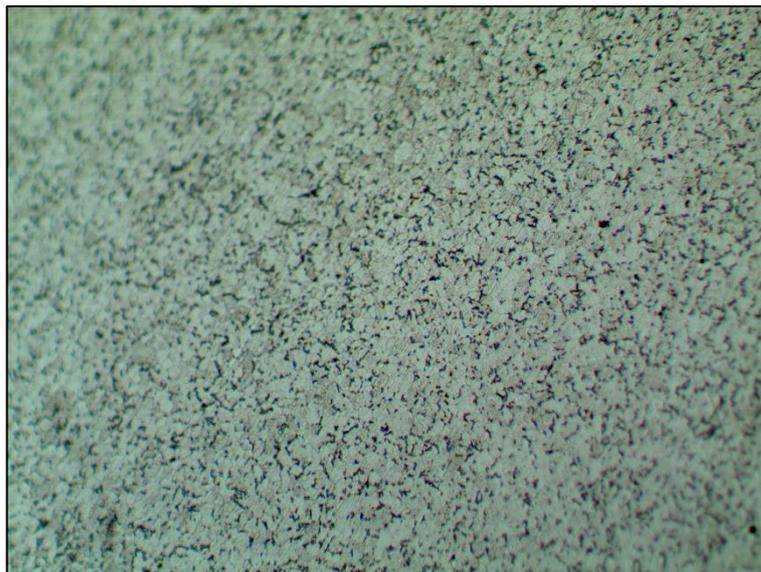


Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

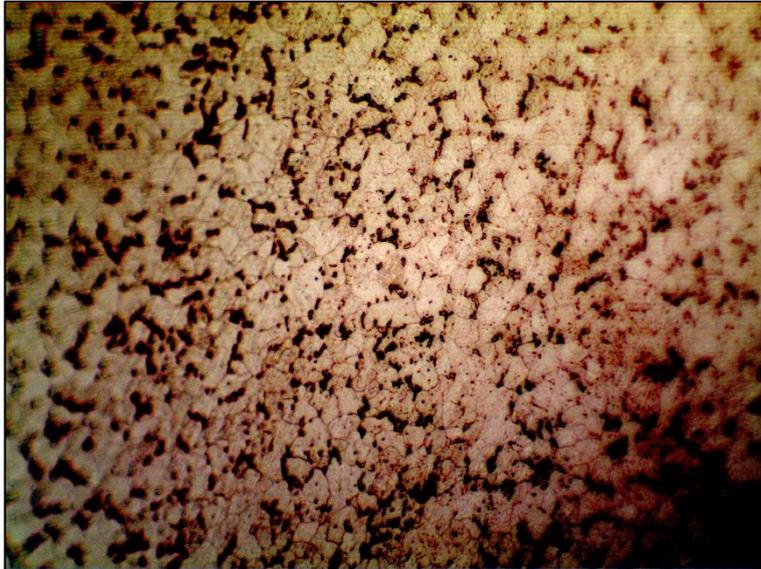


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 9.**

**Código: 9 Ts3**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.

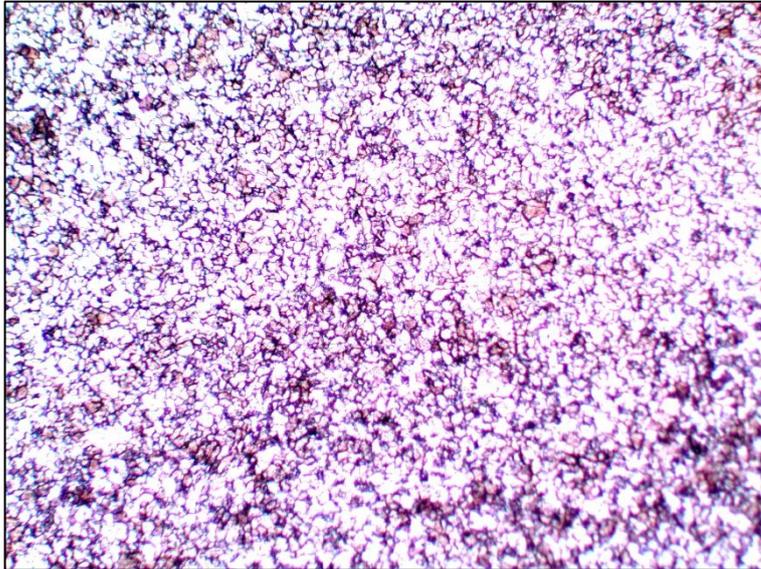


Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

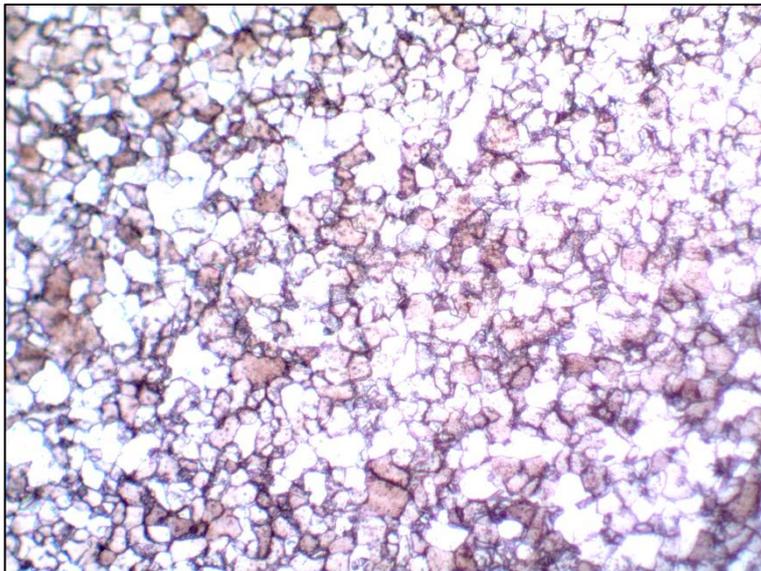


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 10.**

**Código: 10 Ts2**

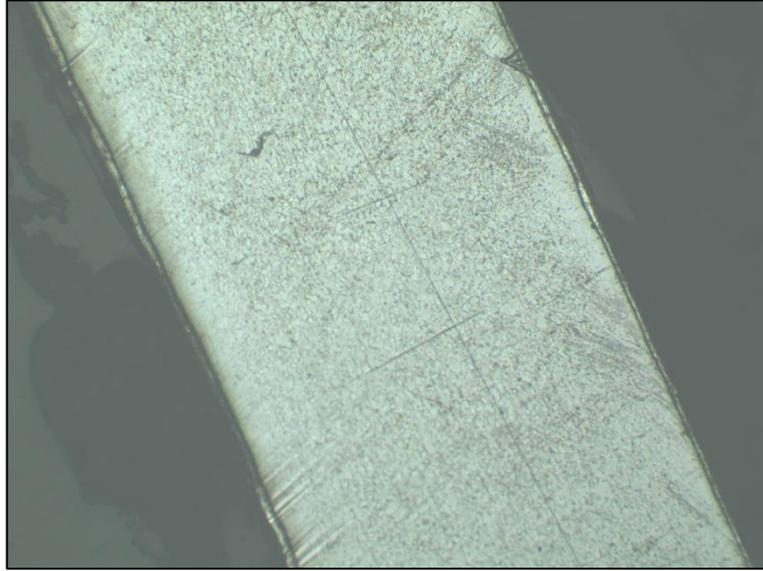


Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.

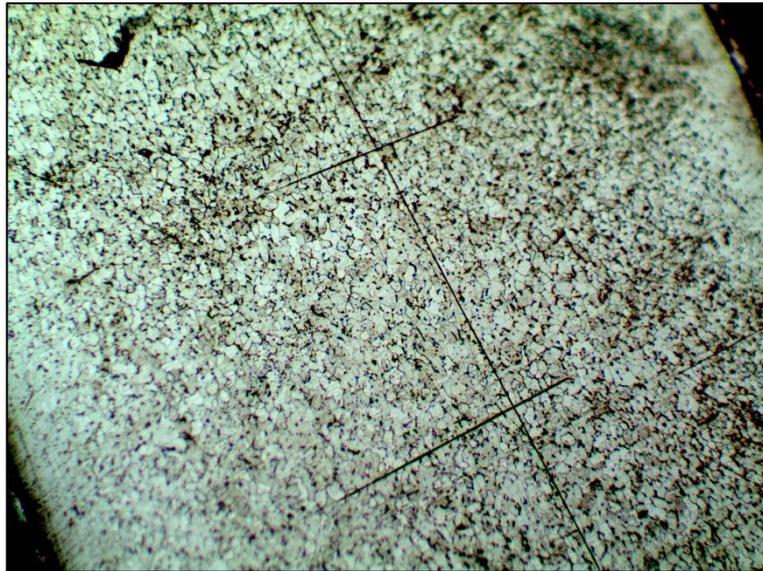


Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

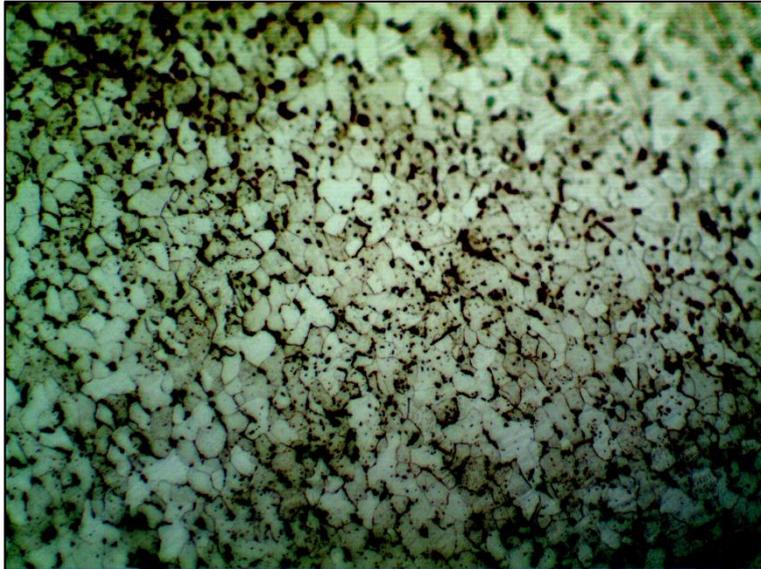


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 12.**

**Código: 12 Ss1**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

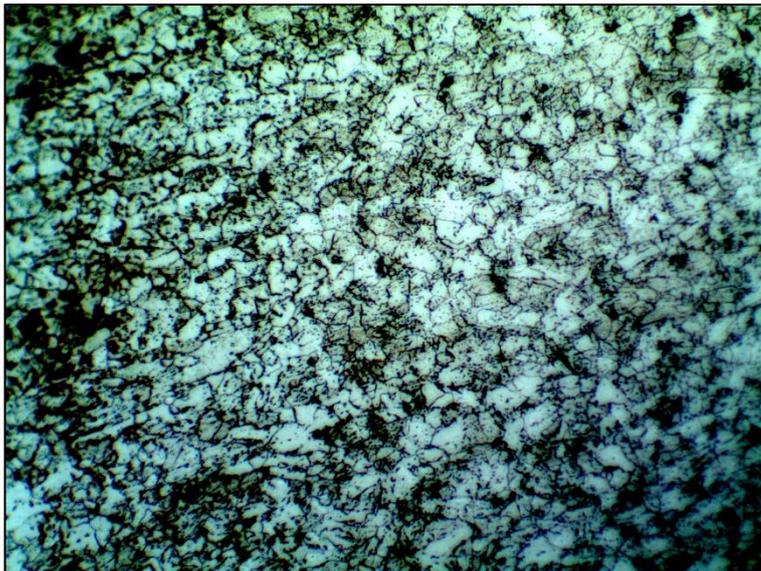


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 13.**

**Código: 13 Ss2**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

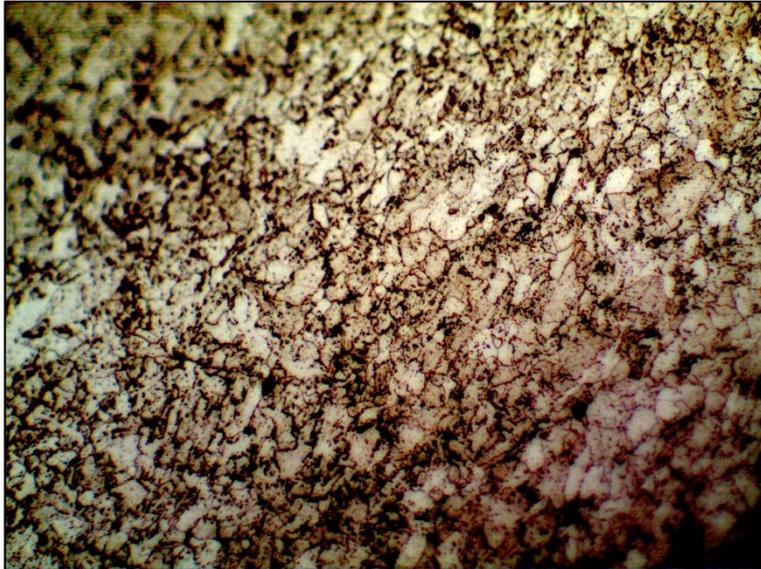


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 14.**

**Código: 14 Ss3**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.

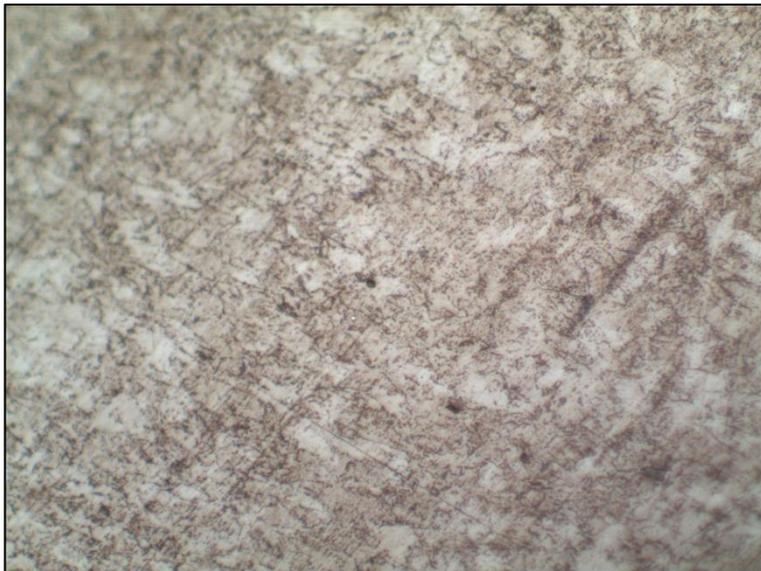


Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

**Muestra #: 15.**

**Código: 15 Ss2**



Imagen metalográfica 100X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 200X.

Fuente: Autor.



Imagen metalográfica 500X.

Fuente: Autor.

- **Informe de resultados del ensayo de metalografía.**



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**ENSAYO DE METALOGRAFÍA**

Julio de 2022

AMBATO – ECUADOR

## **INFORME TÉCNICO** **CTT-2022-025**

### **Objetivo**

Analizar las fases presentes y determinar el tamaño de grano en la microestructura del STEEL FRAMING.

### **Alcance**

Aplicable al estudio metalográfico de aceros de bajo y alto contenido de carbono.

### **ANTECEDENTES:**

Con fecha 21 de Julio de 2022, el Sr. Fredy Israel Alarcón Cárdenas domiciliado en la ciudad de Ambato solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, realizar el ensayo metalográfico del material STEEL FRAMING. Se reciben 15 elementos para el análisis metalográfico, designados bajo las codificaciones 2Ss1, 5Ss2, 7Ts1, 8Ts2, 8Ts2-2, 9Ts3, 10Ts2, 12Ss1, 14Ss3, 15Ss2, 2561, 13Ss2, 3Ss2, 4Ss3, 6Ts1.

### **PROCESO GENERAL:**

Preparación de la probeta por medio del encapsulamiento en baquelita bajo presión y temperatura.

Proceso de desbaste por medio del banco de lijas y tamaño de grano, con lijas 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500.

Proceso de pulido en el paño hasta lograr una superficie tipo espejo.

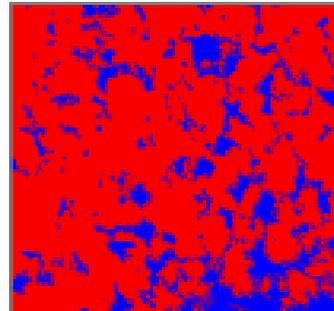
Ataque químico para revelar las fases presentes en la probeta mediante Nital 4, para el caso de un acero con bajo contenido de carbono.

Captura de fotografías mediante el microscopio óptico.

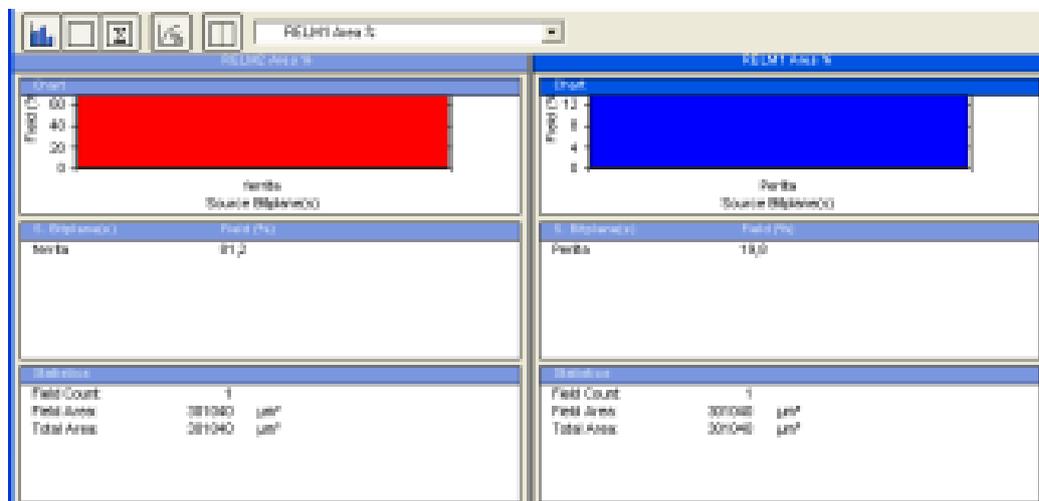
Mediante el software Clemex, analizamos a las fotografías de las probetas y establecemos las fases presentes en la microestructura del material.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <i>Laboratorio – Ingeniería Mecánica</i>			
<b>ENSAYO METALOGRAFÍA</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>		De laboratorio		<b>Ensayo No:</b> 01	
<b>Identificación del componente de estudio:</b>		MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN <b>2Ss1</b>			
<b>Solicitado por:</b>		Fredy Israel Alarcón Cárdenas		<b>Fecha:</b> 19/07/2022	
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		<b>Laboratorio de Metalografía - FICM</b>			
<b>PARÁMETROS</b>					
<b>Equipo :</b>		Microscopio Metalográfico	<b>Marca:</b>	RADICAL®	<b>Modelo:</b> RMM-1
		<b>Temperatura Ambiente:</b>	<b>Magnificación:</b>	<b>Filtro :</b>	<b>Iluminación:</b>
		15.00 ° C	100-200-500X	4 colores	Luz natural
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO</b>					
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>			<b>Pulido Mecánico</b>		
<b>Temperatura durante el pulido:</b>		24 °C	<b>Superficie preparada en:</b>	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500	
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital	<b>Durante:</b>	15 segundos	
<b>RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO</b>					
<b>FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA</b>					
					
100X		200X		500X	

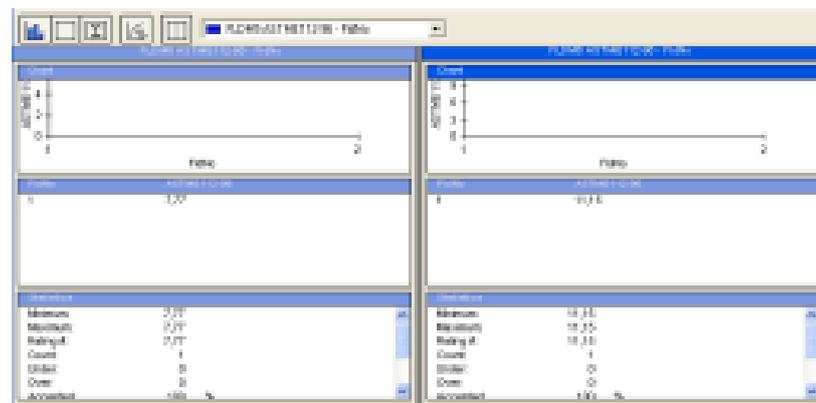
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(19,8) + 0,022 \\ \%C &= 0,1463\end{aligned}$$



- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (19,8)(240) + (81,2)(90) \\ HB &= 120,60 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(120,60) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 60,30 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	02
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 5Ss2		
Solicitado por:	Fredy Ismael Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

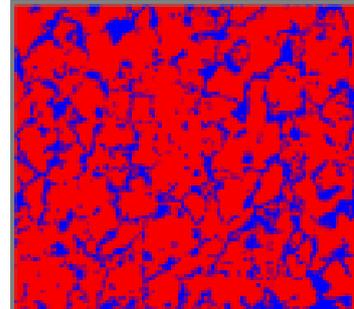


100X

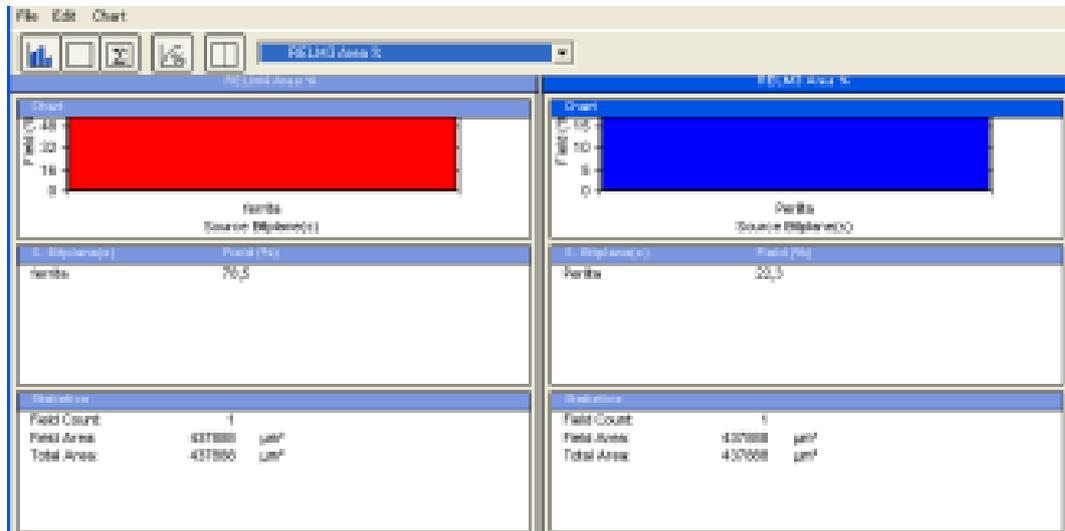
200X

500X

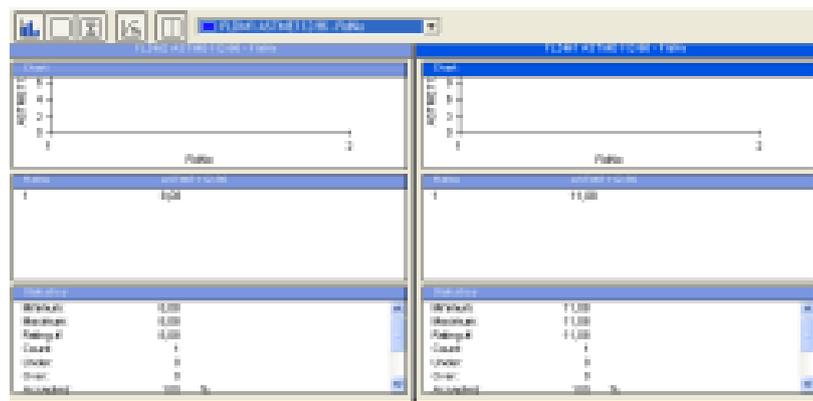
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(21,5) + 0,022 \\ \%C &= 0,1647\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB Perlita) + \%F (HB Ferrita) \\ HB &= (22,3)(240) + (78,5) (90) \\ HB &= 124,17 HB\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB (psi) \\ \sigma_u &= 500(122,25) (psi) \\ \sigma_u &= 62,08 (kpsi)\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**

*Laboratorio - Ingeniería Mecánica*



## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	03
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 7Ts1		
Solicitado por:	Fredy Ismael Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 ° C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRÁFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

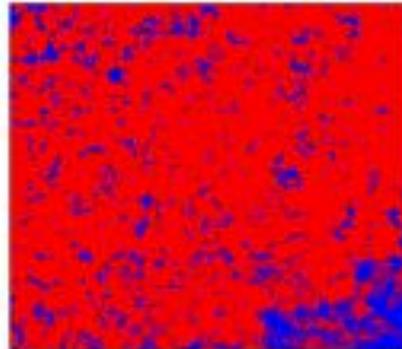


200X

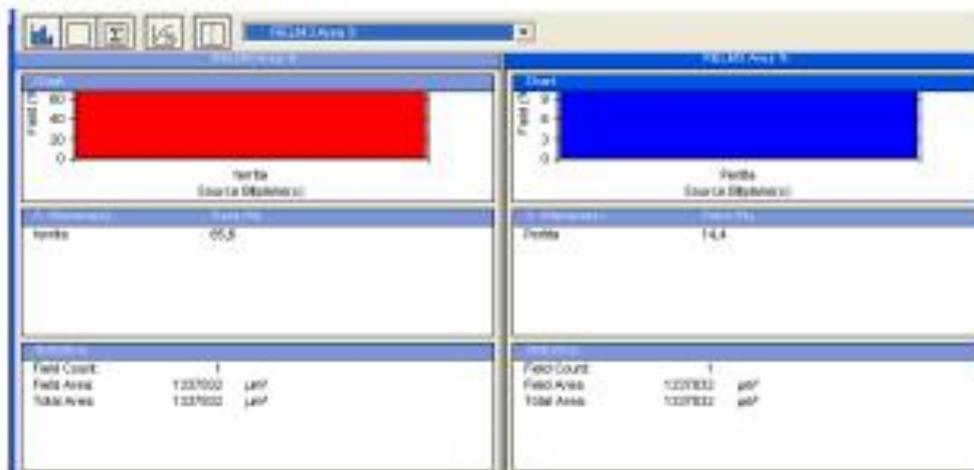


500X

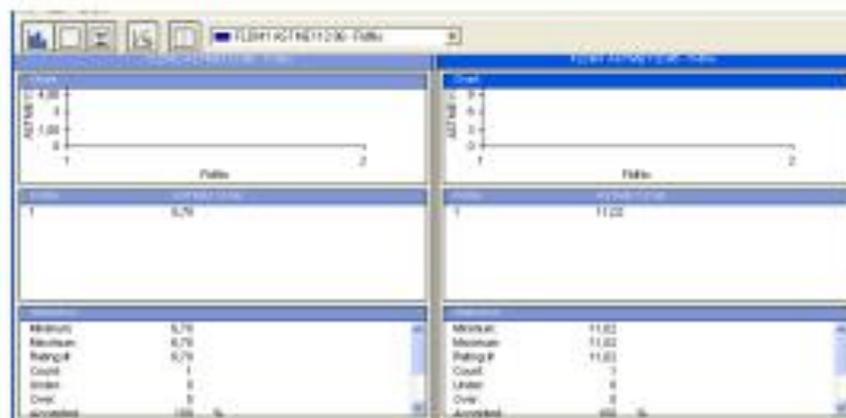
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(14,4) + 0,022 \\ \%C &= 0,1065\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (14,4)(240) + (85,6) (90) \\ HB &= 111,6 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(111,6) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 55,8 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	04
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 8Ts2		
Solicitado por:	Fredy Ismael Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

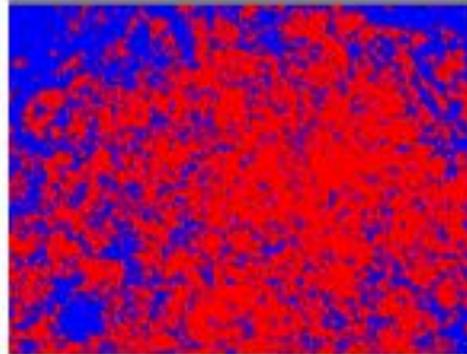


200X

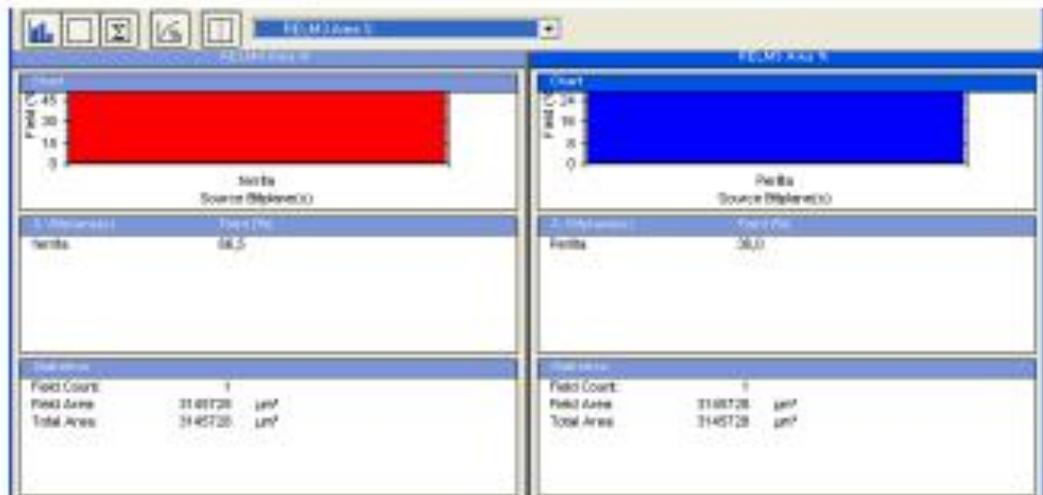


500X

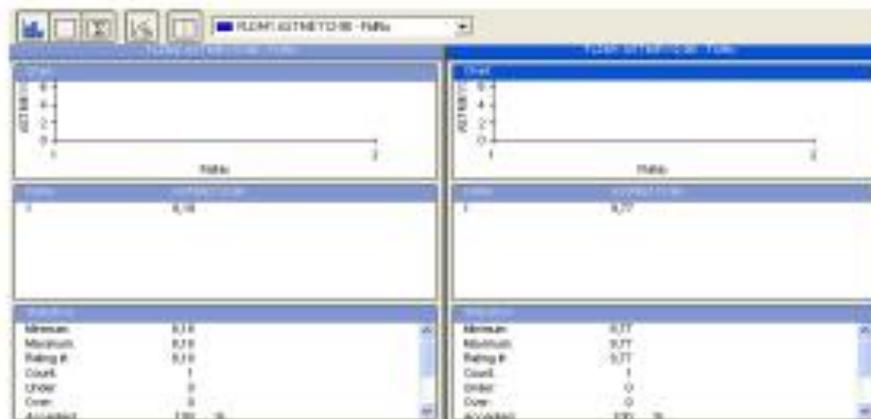
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(33,5) + 0,022 \\ \%C &= 0,2474\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (33,5)(240) + (66,5) (90) \\ HB &= 140,25 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(140,25) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 70,125 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	05
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 8T&2 - 2		
Solicitado por:	Fredy Ismel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marcas:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 ° C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

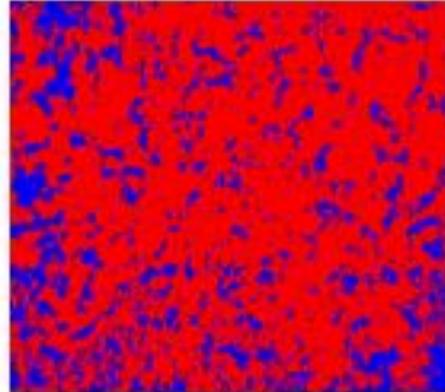


200X

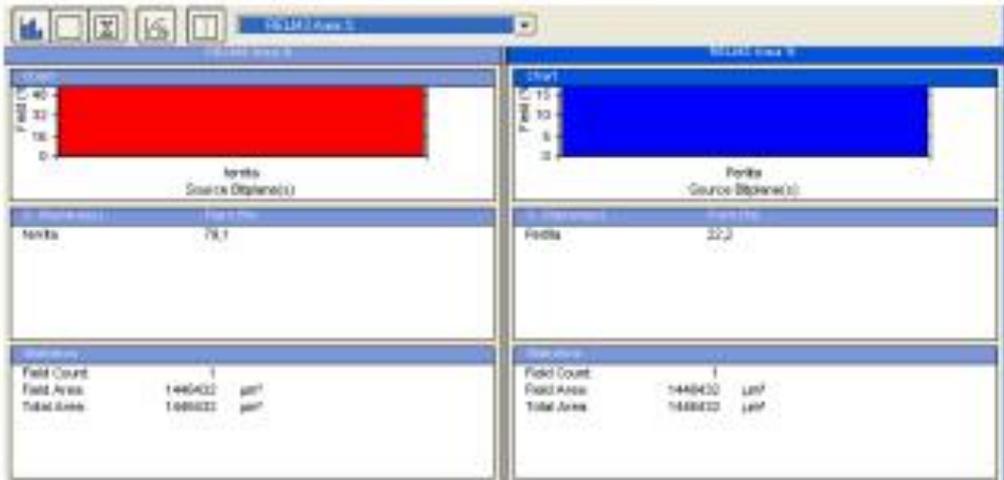


500X

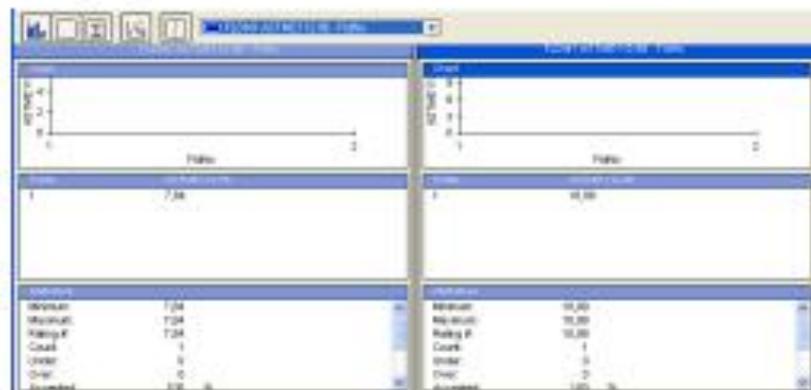
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(20,9) + 0,022 \\ \%C &= 0,1544\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (20,9)(240) + (79,1) (90) \\ HB &= 121,35 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(121,35) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 60,675 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	06
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 9Ts3		
Solicitado por:	Fredy Ismel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - <b>FICM</b>		

### PARÁMETROS

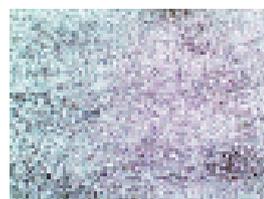
Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marcas:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

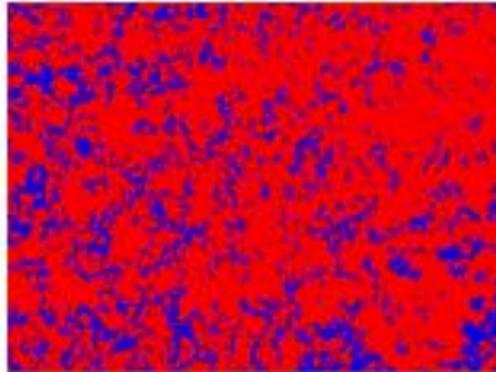


200X

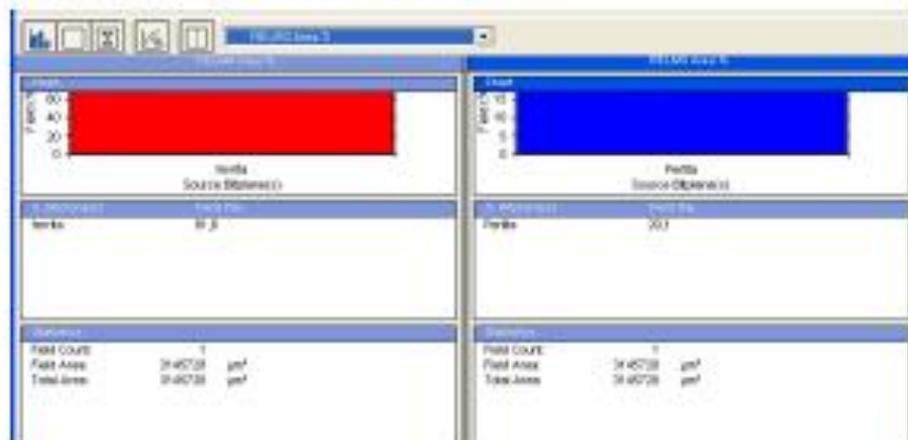


500X

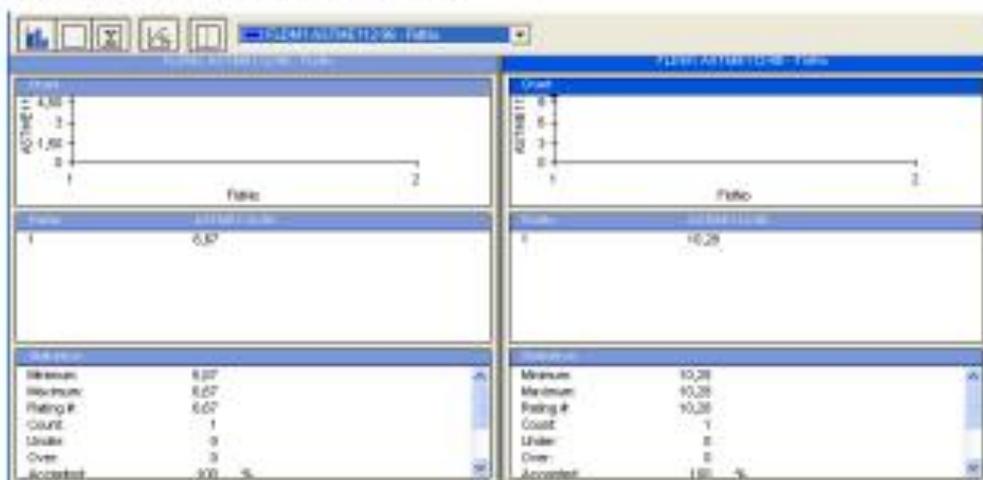
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(18,4) + 0,022 \\ \%C &= 0,1360\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (18,4)(240) + (81,6)(90) \\ HB &= 117,6 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(117,6) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 58,8 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	07
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 10T+2		
Solicitado por:	Fredy Israel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marcas:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 ° C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO CON EL ANÁLISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

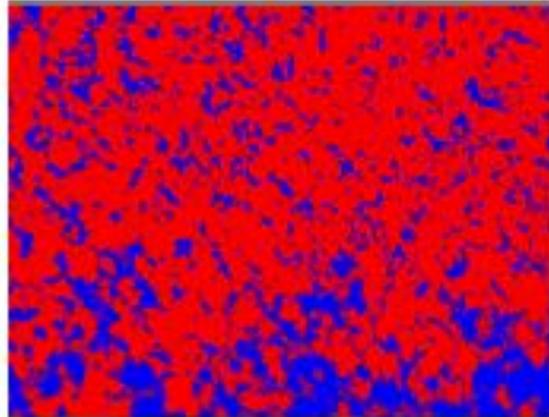


200X

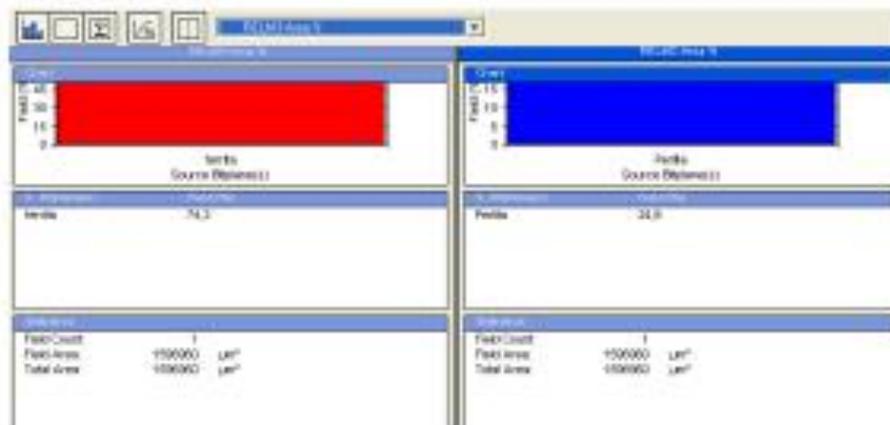


500X

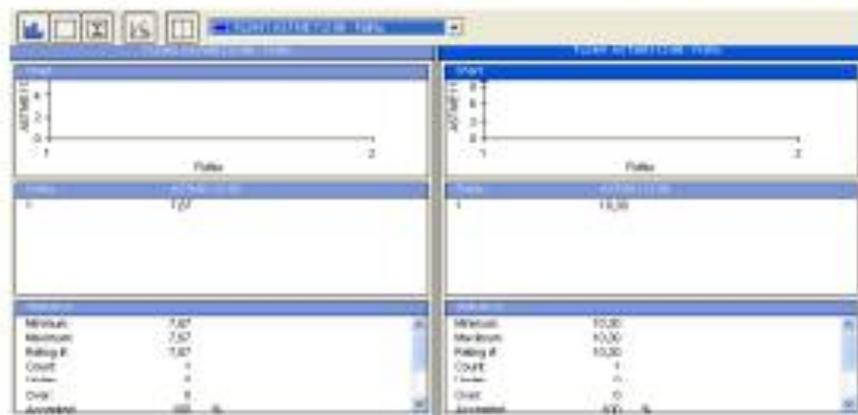
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(25,7) + 0,022 \\ \%C &= 0,1898 \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (25,7)(240) + (74,3) (90) \\ HB &= 128,55 \text{ HB} \end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(128,55) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 64,27 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo Nac:	08
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 12Ss1		
Solicitado por:	Fredy Ismel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	13 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRÁFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

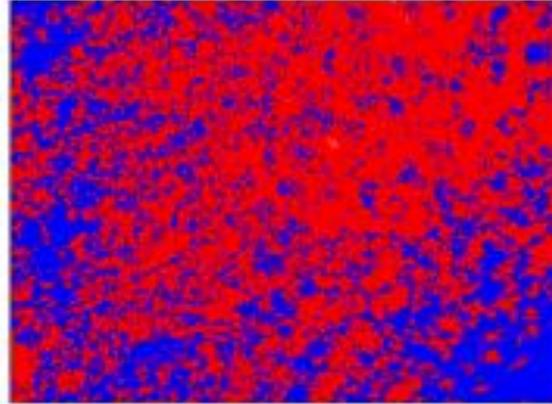


200X

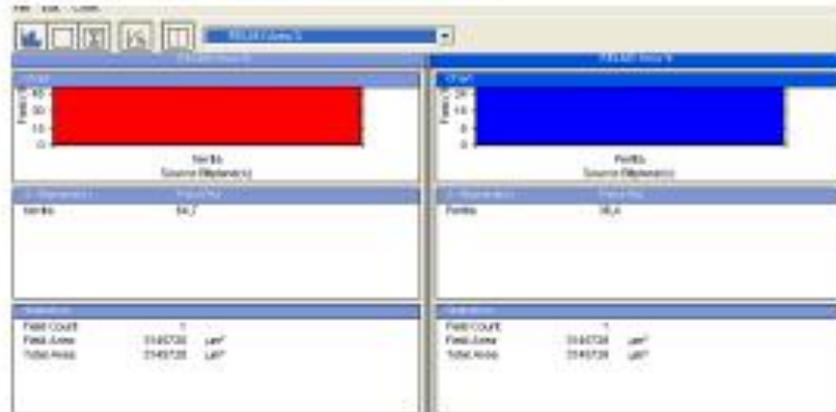


500X

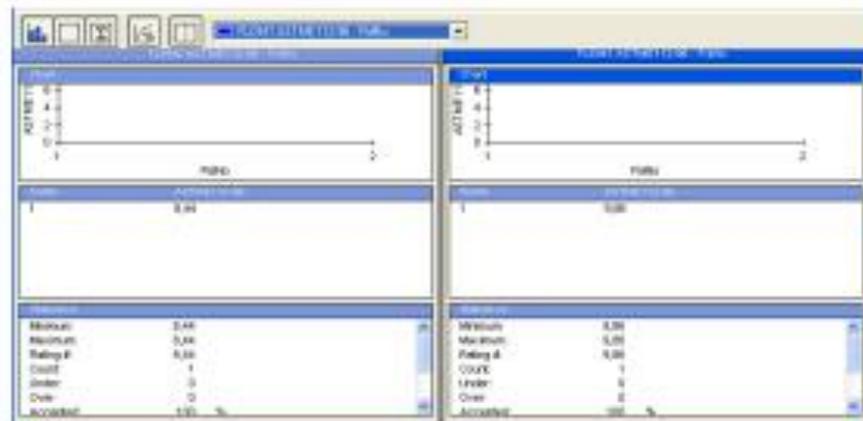
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(35,3) + 0,022 \\ \%C &= 0,260\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (35,3)(240) + (64,7) (90) \\ HB &= 142,95 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(142,95) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 71,47 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	09
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 14Ss3		
Solicitado por:	Fredy Israel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 ° C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie:	Pulido <i>Mecánico</i>		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRÁFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

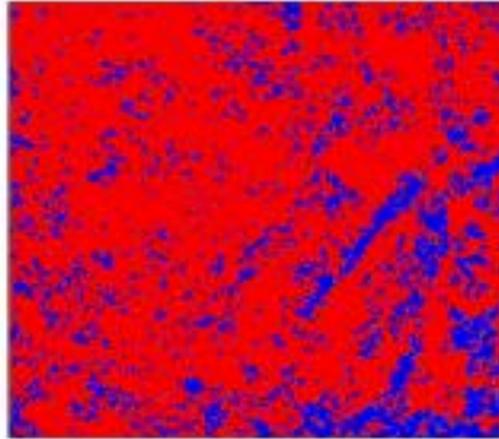


200X

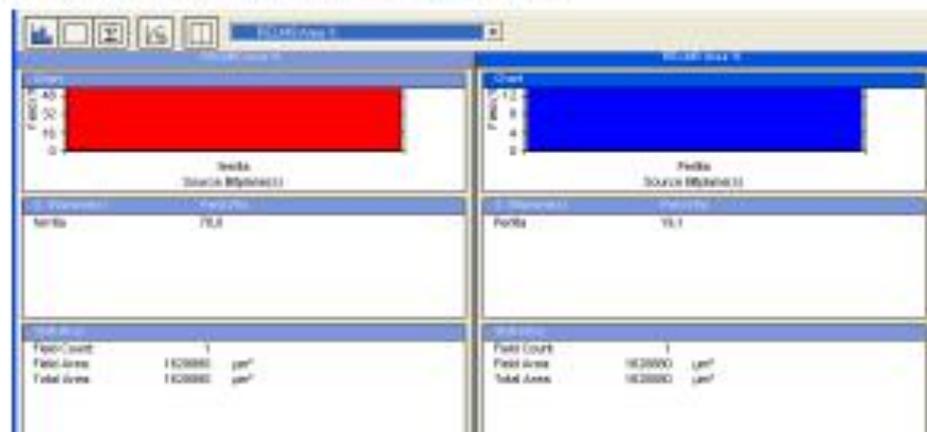


500X

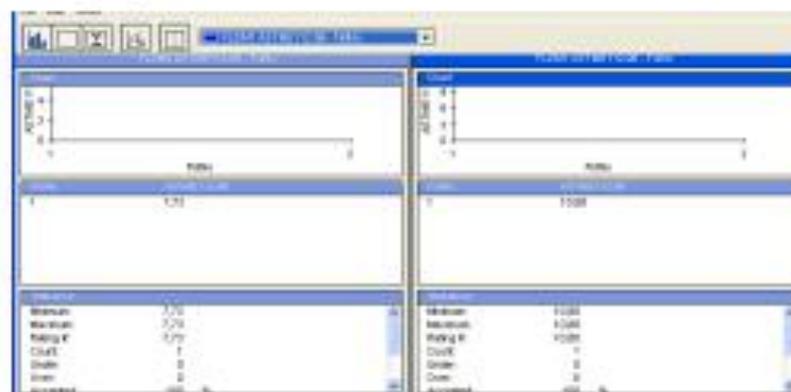
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(22,0) + 0,022 \\ \%C &= 0,1625\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (22,0)(240) + (78,0) (90) \\ HB &= 123,00 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(123,00) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 61,5 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	10
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 15Ss2		
Solicitado por:	Fredy Ismel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

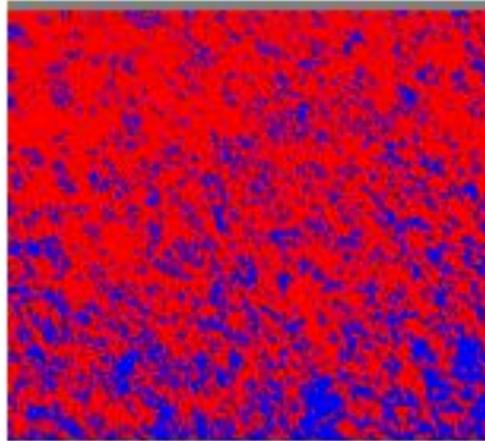


200X

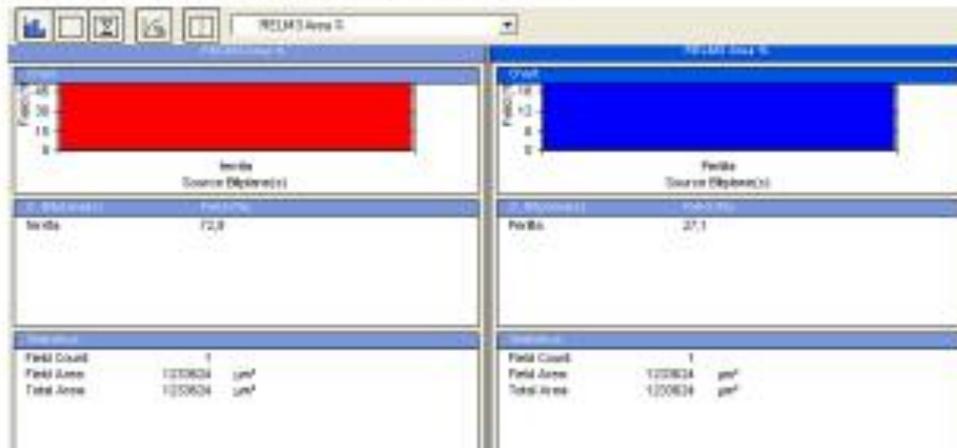


500X

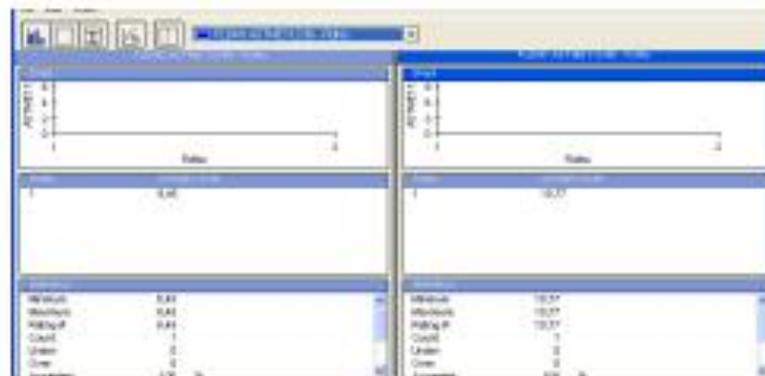
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(27,1) + 0,022 \\ \%C &= 0,20\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (27,1)(240) + (72,9) (90) \\ HB &= 130,65 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(123,00) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 65,32 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	11
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 2561		
Solicitado por:	Fredy Ismael Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

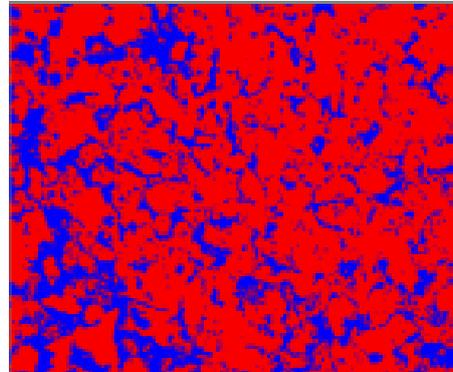


200X

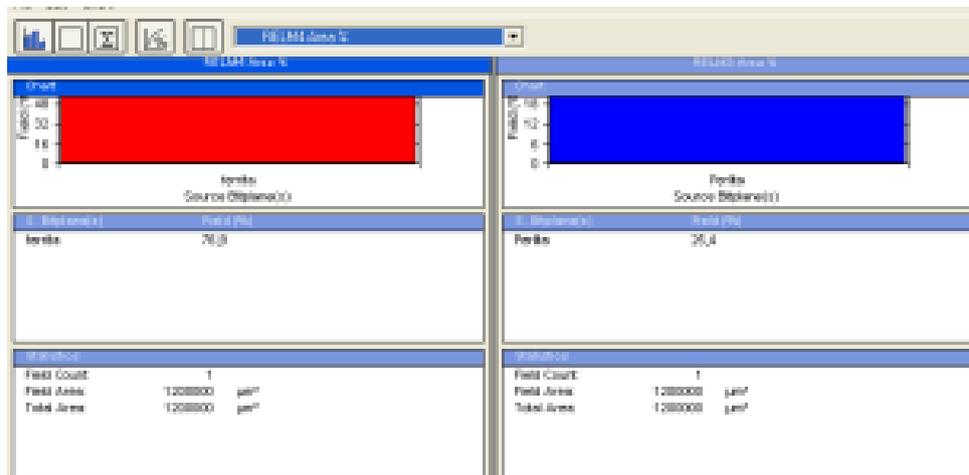


500X

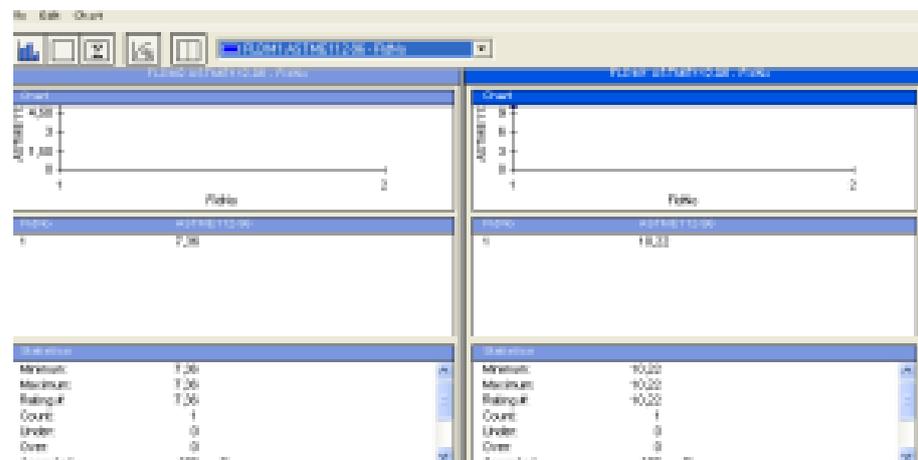
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(23,1) + 0,022 \\ \%C &= 0,17\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB Perlita) + \%F (HB Ferrita) \\ HB &= (23,1)(240) + (76,9) (90) \\ HB &= 124,65 HB\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB (psi) \\ \sigma_u &= 500(123,00) (psi) \\ \sigma_u &= 62,32 (kpsi)\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	12
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 13Ss2		
Solicitado por:	Fredy Ismel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marcas:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

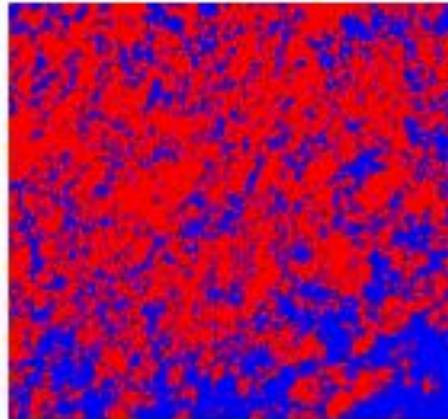


200X

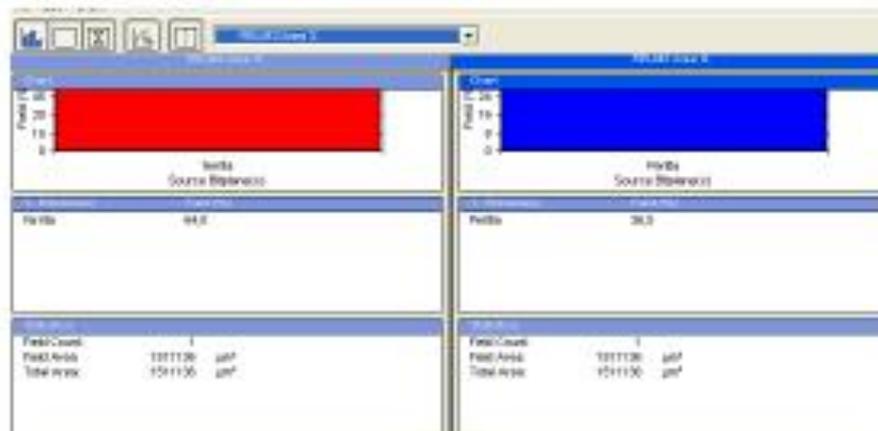


500X

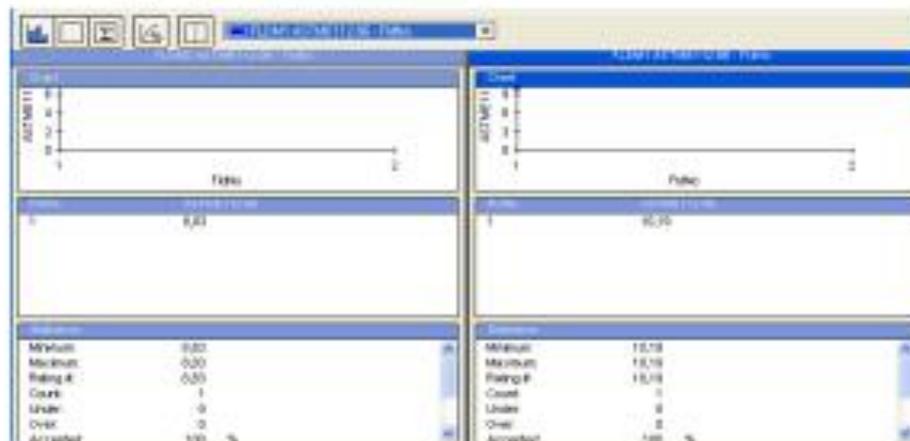
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(36,0) + 0,022 \\ \%C &= 0,265\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (36,0)(240) + (64,0) (90) \\ HB &= 144,00 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(144,00) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 72,00 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Ensayo No:</b>	13
<b>Identificación del componente de estudio:</b>	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 3S&2		
<b>Solicitado por:</b>	Fredy Ismel Alarcón Cárdenas	<b>Fecha:</b>	19/07/2022
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

<b>Equipo :</b>	Microscopio Metalográfico	<b>Marca:</b>	RADICAL®	<b>Modelo:</b> RMM-1
	<b>Temperatura Ambiente:</b>	<b>Magnificación:</b>	<b>Filtro :</b>	<b>Iluminación:</b>
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>	Pulido Mecánico		
<b>Temperatura durante el pulido:</b>	24 °C	<b>Superficie preparada en:</b>	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>	Nital 4	<b>Durante:</b>	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

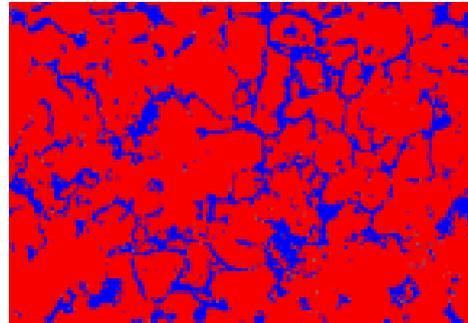


200X

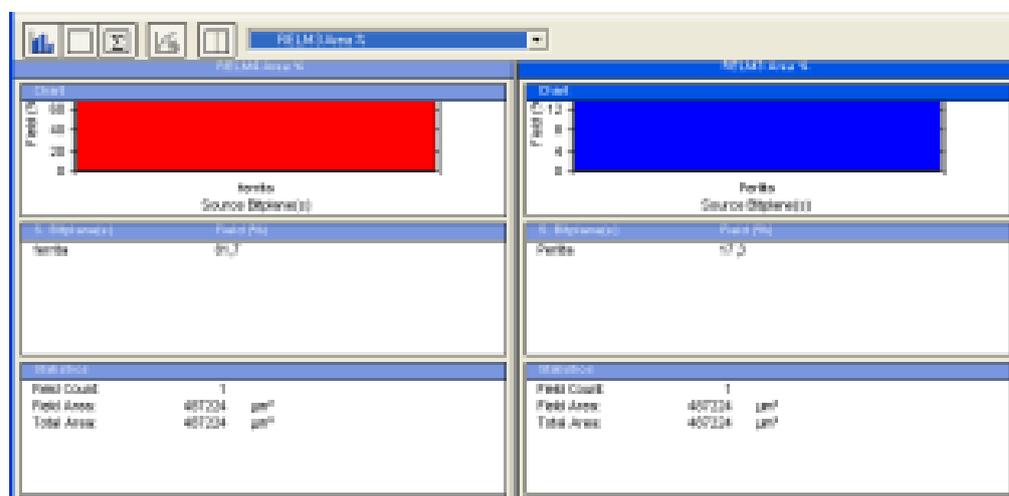


500X

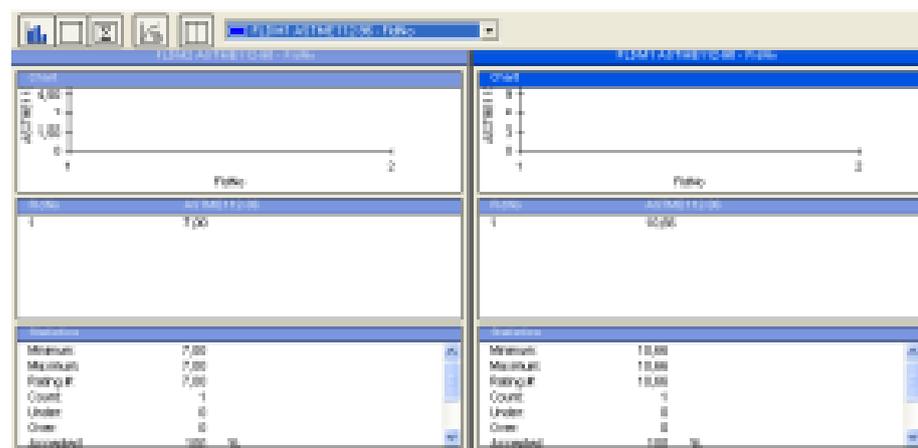
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(18,3) + 0,022 \\ \%C &= 0,135\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB Perlita) + \%F (HB Ferrita) \\ HB &= (18,3)(240) + (81,7) (90) \\ HB &= 117,45 HB\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB (psi) \\ \sigma_u &= 500(117,45) (psi) \\ \sigma_u &= 58,73 (kpsi)\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	14
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 4Ss3		
Solicitado por:	Fredy Israel Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

Equipo :	Microscopio Metalográfico	Marca:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 ° C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



100X

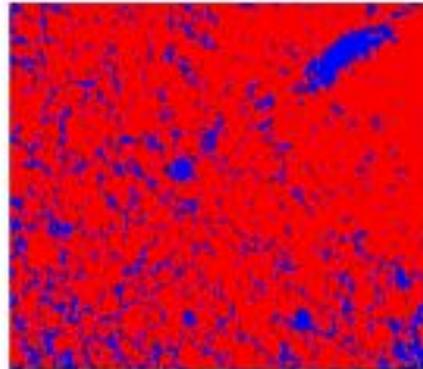


200X



500X

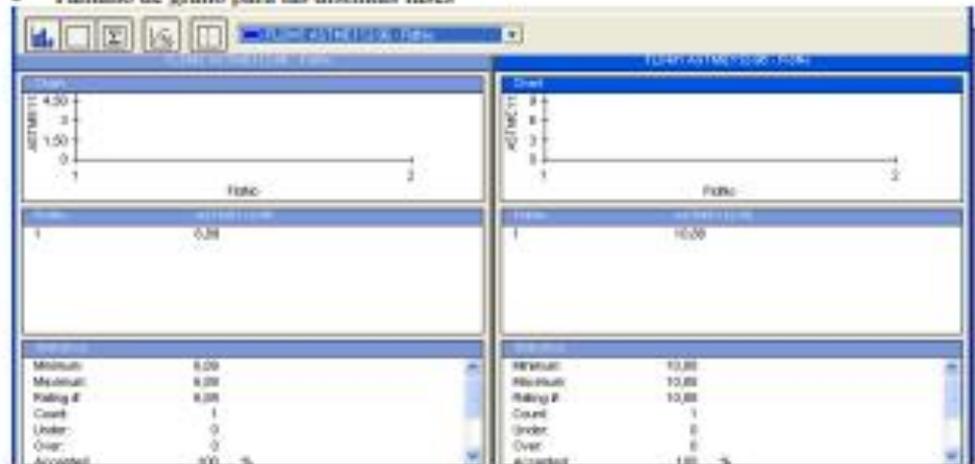
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(16,3) + 0,022 \\ \%C &= 0,120\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (16,3)(240) + (83,7) (90) \\ HB &= 114,45 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(114,45) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 57,23 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y  
MECÁNICA**



*Laboratorio – Ingeniería Mecánica*

## ENSAYO METALOGRAFÍA

### DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	15
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL STEEL FRAMING CODIFICACIÓN 6Ts1		
Solicitado por:	Fredy Ismael Alarcón Cárdenas	Fecha:	19/07/2022
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

### PARÁMETROS

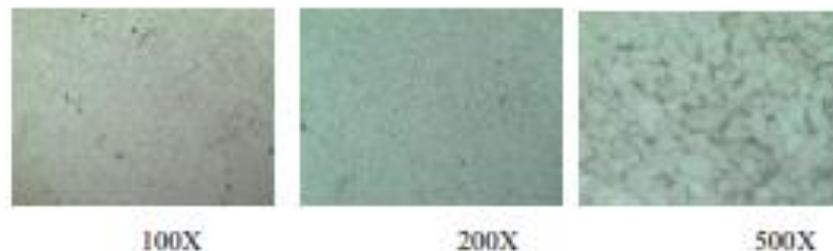
Equipo :  	Microscopio Metalográfico	Marcas:	RADICAL®	Modelo: RMM-1
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro :	Iluminación:
	15.00 °C	100-200-500X	4 colores	Luz natural

### PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

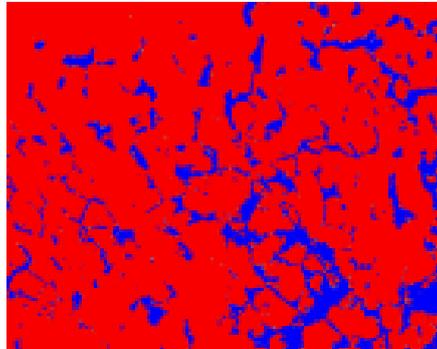
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	15 segundos

### RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO

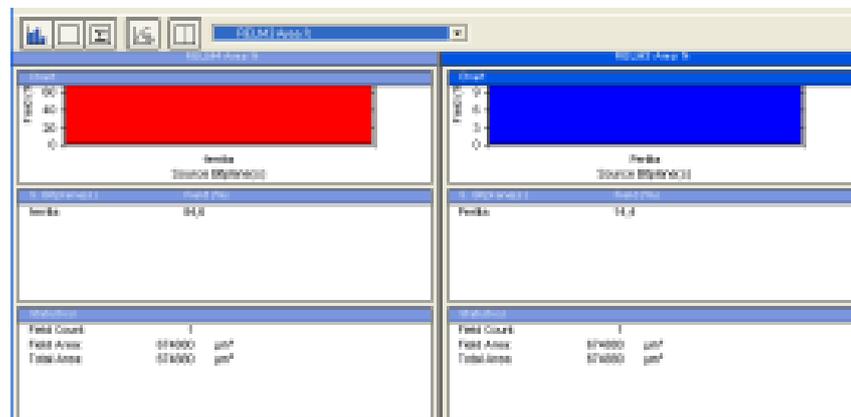
#### FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



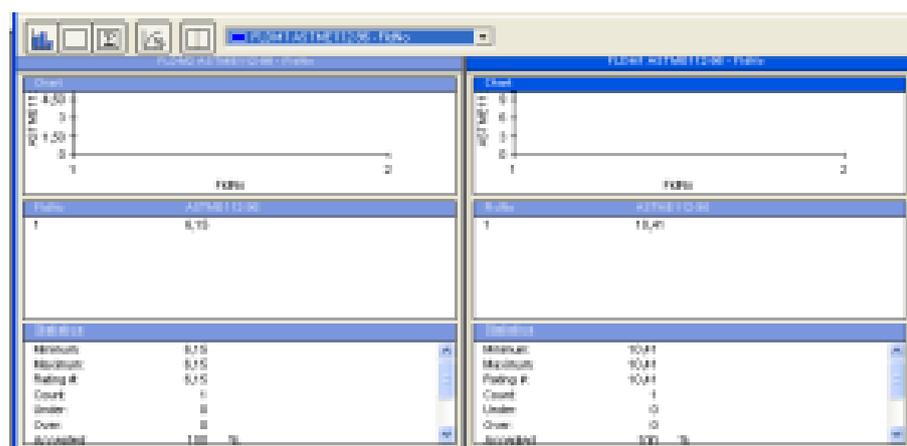
- Análisis mediante Software



- Porcentaje de las fases presentes en la microestructura



- Tamaño de grano para las distintas fases



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned}\%C &= 0,738\%P + 0,022 \\ \%C &= 0,738(15,4) + 0,022 \\ \%C &= 0,1138\end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned}HB &= \%P (HB \text{ Perlita}) + \%F (HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= (15,4)(240) + (84,6) (90) \\ HB &= 113,10 \text{ HB}\end{aligned}$$

- Resistencia a la tracción

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(113,10) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 56,55 \text{ (kpsi)}\end{aligned}$$



#### 5.4.5 Reporte de análisis microscópico (Microscopia SEM).



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**“Microscopía SEM”**

Julio de 2022

AMBATO – ECUADOR

## INFORME TÉCNICO

### **OBJETIVO:**

- Observar las diferencias de las muestras entre el material base y el material con recubrimiento superficial.

### **ALCANCE:**

Aplicable a visualización de propiedades superficiales en el material.

### **ANTECEDENTES:**

Con fecha 11 de julio de 2022, el Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas domiciliado en la ciudad de Latacunga solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el análisis microscópico SEM.

Se inspeccionan 2 muestras designadas bajo las codificaciones: PLACA 1 Y PLACA 2 de material STEEL FRAMING.

### **PROCESO GENERAL:**

- Preparar la superficie del componente a inspeccionar.
- Montar las muestras en los porta probetas del microscopio de barrido SEM.
- Tomar fotografías para observar las diferencias entre las dos muestras.
- Realizar el análisis de los resultados obtenidos.

### **Calibración del Equipo**

- Regular la presión de salida del gas.
- Regular la presión de la bomba para generar vacío en la cámara.
- Ajuste de voltaje del filamento de tungsteno.
- Ajuste de magnificación de los lentes.

### **EQUIPOS:**

#### **Microscopio electrónico de Barrido SEM**

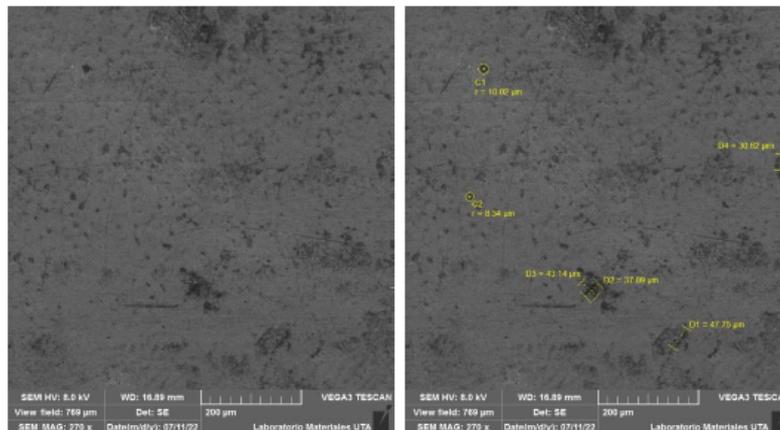


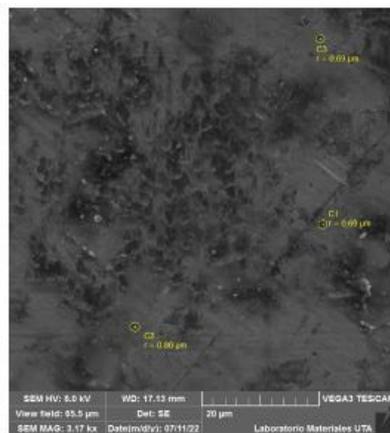
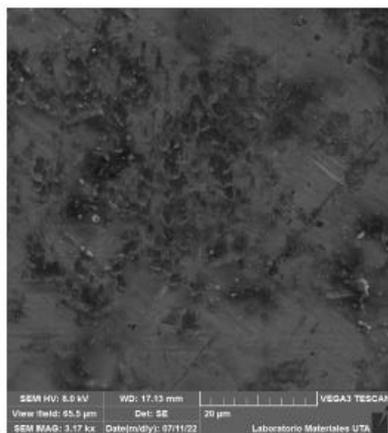
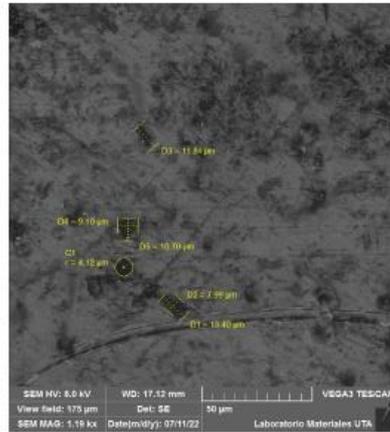
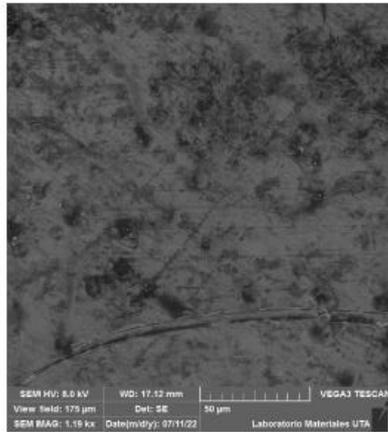
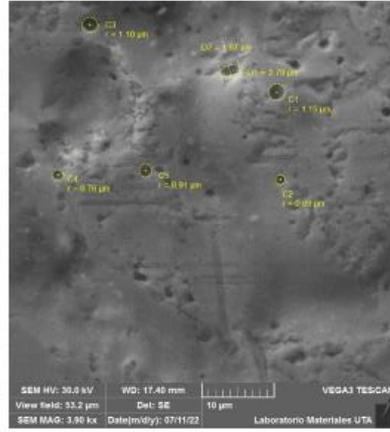
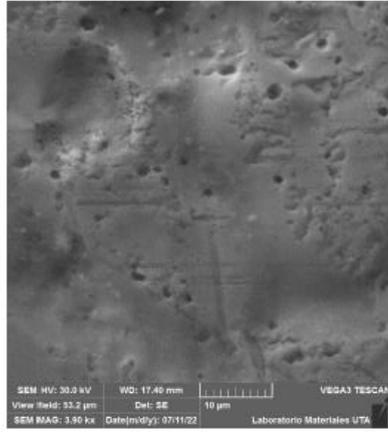
**RESULTADOS:**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>Centro de Transferencia y Tecnología</b> <b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	12/07/2022	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Producción de la FICM	<b>Campus Huachi</b>	
<b>Equipo:</b>	Microscopio Electrónico de Barrido SEM		
<b>Realizado por:</b>	Ing. Daniel Coquinche		
<b>Tipo de material:</b>	STEEL FRAMING	<b>Orden:</b>	
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Medición:</b>	Visual	<b>Codificación de Secciones:</b>	PLACA 1 PLACA 2
Secciones para la Inspección			
PLACA 1		PLACA 2	
			

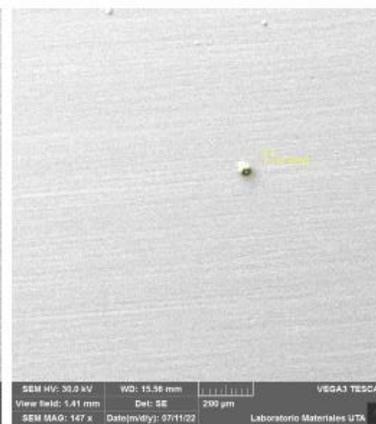
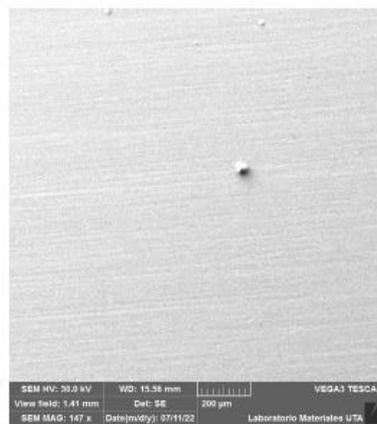
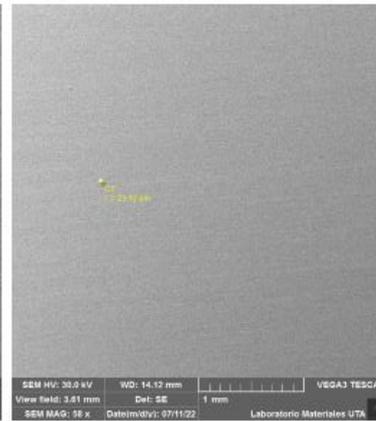
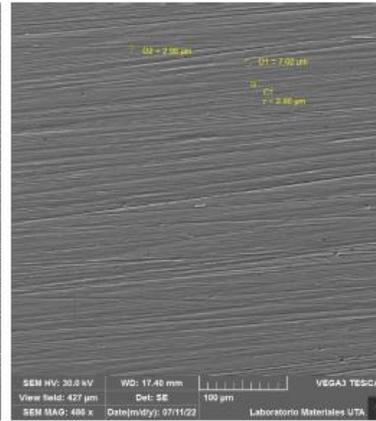
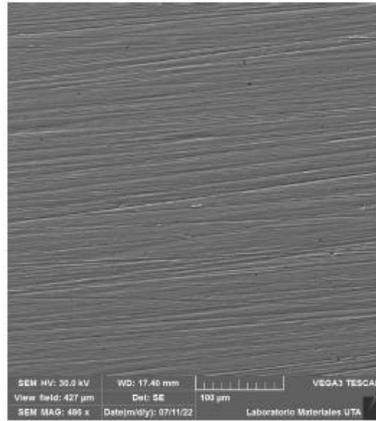
**Resultados obtenidos**

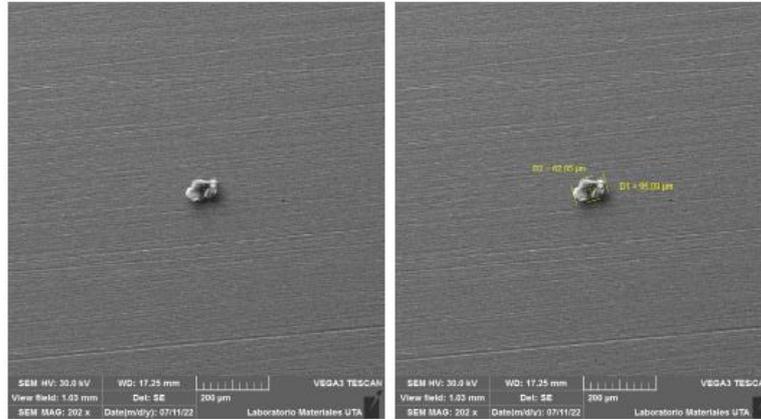
**PLACA 1 – SIN RECUBRIMIENTO**





PLACA 2 – CON RECUBRIMIENTO





### CONCLUSIONES:

En las muestras de material base se puede observar que es un acero al carbono que presenta en su microestructura fases ferrítica y perlítica.

Se observa que el material tiene incrustaciones de carbono y fisuras que hacen que el material se vuelva frágil y que a su vez afectan a las propiedades mecánicas del material.

Se determinó las dimensiones de las zonas más críticas que el metal base presenta en la superficie.

En la placa con recubrimiento de zinc (galvanizado), se observó que todas las imperfecciones que tenía el material base fueron selladas generando una corrección en la superficie que a su vez brinda una mejora al material base en cuanto a durabilidad y resistencia a la corrosión al estar expuestos a agentes externos ya sea ambientales, mecánicos o artificiales.

En la placa con recubrimiento de zinc se observó la presencia de microporosidad y cráteres que no fueron sellados por completo durante el proceso de galvanizado.



Firmado el electrónicamente por:  
EDMUNDO SEBASTIAN  
VILLEGAS SUAREZ

Ing. Sebastián Villegas S.  
*Técnico de laboratorio*



Firmado el electrónicamente por:  
JUAN DANIEL  
COQUINCHE  
ALVARADO

Egdo. Daniel Coquinche A.  
*Auxiliar de laboratorio*

#### 5.4.6 Reporte del ensayo para medición de espesores.



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**“Medición de espesores”**

Julio de 2022

AMBATO – ECUADOR

## INFORME TÉCNICO

### **OBJETIVO:**

- Medir el espesor de los componentes estructurales mediante el Medidor ultrasónico para espesores de placa.

### **ALCANCE:**

Aplicable a medición de espesores de los componentes en la estructura metálica

Proceso del ensayo bajo la norma: DIN 54119 Y DIN 54120.

### **ANTECEDENTES:**

Con fecha 12 de julio de 2022, el Ing. Fredy Israel Alarcón Cárdenas domiciliado en la ciudad de Latacunga solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, la medición de espesores del material STEEL FRAMING STUD.

Se inspeccionan y miden 2 con diferentes componentes designados bajo las codificaciones: PLACA 1 Y PLACA 2 de material Steel Framing Stud.

### **PROCESO GENERAL:**

- Preparar la superficie del componente a inspeccionar, con el propósito de garantizar un acople perfecto entre el transductor y el componente.
- Limpiar con guaípe la superficie donde se realizará la medición del espesor del componente.
- Determinar 3 puntos para la medición en diferentes sitios de las placas.
- Encerar el medidor de espesores MEU-01 mediante sus placas de calibración. El equipo de ultrasonido posee la galga de calibración integrado en el equipo mismo y debe de estar en el rango 4.0 para su correcta calibración. La calibración debe hacerse periódicamente cada dos horas o cada vez que se cambia el transductor, para eliminar errores al momento de realizar la inspección del equipo y los transductores utilizados.
- Aplicar el acoplante sobre la superficie a inspeccionar. Existen diferentes tipos de acoplante, en los cuales se deberá seleccionar el más adecuado de acuerdo a nuestra necesidad.
- Proceder a medir los espesores en los puntos marcados anteriormente. Se realizarán 5 mediciones.
- Recopilar los datos y sacar un promedio de los espesores.

### Calibración del Equipo MEU-01

Con la medición se puede verificar un error de 0.01 m con lo cual se asegura la fiabilidad de los resultados.



### EQUIPOS:

Acoplante



### Normas de ensayo y calibración

<b>Alemania</b>	
DIN 54119	Ensayos por ultrasonidos. Definiciones.
DIN 54120	Ensayos por Ultrasonidos. Bloque patrón 1 y su utilización para el ajuste y control del equipo impulso-eco.
DIN 54122	Idem. Bloque patrón 2.
DIN 54123	Ensayo por ultrasonidos de uniones soldadas.
DIN 54124	Características de los equipos de ultrasonidos.
DGZpF	Características de las técnicas de ensayo por ultrasonidos con equipos de impulso-eco y su control.
DGZpF	Directrices para ensayo por ultrasonidos de uniones soldadas a tope.

**RESULTADOS:**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>Centro de Transferencia y Tecnología</b>			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	12/07/2022	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Lugar:</b>	Laboratorios - FICM	<b>Campus Huachi</b>	
<b>Equipo:</b>	Medidor de Espesores Ultrasónico MEU-01		
<b>Realizado por:</b>	Ing. Daniel Coquinche		
<b>Tipo de material:</b>	ASTM A-36	<b>Orden:</b>	
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Medición:</b>	Medición de espesores (mm)	<b>Norma:</b>	DIN 54119 DIN 54120
<b>Codificación de Secciones:</b>	PLACA 1 PLACA 2	<b>N° de Secciones:</b>	2
Secciones para la Inspección			
PLACA 1		PLACA 2	
			

### Resultados obtenidos

Medida de las placas metálicas

<b>MEDIDA DE LAS PLACAS (mm)</b>	
<b>COMPONENTE</b>	<b>VALOR</b>
Ancho	20
Alto	20

Medida para espesores de los componentes

#### PLACA METAL BASE

<b>PLACA 1</b>				
<b>MEDICIÓN DE ESPESORES (mm)</b>				
<b>COMPONENTE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>
<b>MEDIDA</b>	1,3	1,3	1,3	1,3

#### PLACA METAL CON RECUBRIMIENTO

<b>PLACA 2</b>				
<b>MEDICIÓN DE ESPESORES (mm)</b>				
<b>COMPONENTE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>
<b>MEDIDA</b>	1,4	1,4	1,4	1,4

### CONCLUSIONES:

El procedimiento de calibración para el medidor ultrasónico de espesores se llevó a cabo mediante el dispensador de lubricante, las galgas de calibración con diferentes espesores para comprobar el funcionamiento del transductor y la galga de calibración integrada en el equipo considerando que para una correcta calibración su valor debe estar en un rango de 4.

Las galgas de calibración permiten relacionar valores e incertidumbres de medida que van asociados a patrones e indicaciones de referencia. La finalidad de la calibración de equipos consiste en verificar y mantener el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición en función de requisitos y normas de calidad que garantizan una mayor exactitud en los resultados finales.

El transductor que se empleó para medir el espesor de los componentes es de tipo longitudinal de 10mm de diámetro y 2,5MHz de frecuencia, donde las partículas se mueven en la misma dirección de la onda. La frecuencia seleccionada mostró una mayor precisión en la medición de espesores y una longitud de onda menor.

De acuerdo a los datos obtenidos, el recubrimiento en el material STEEL FRAMING tiene una medida de 0,1 mm; 0,05 a cada lado de la placa.



Firmado el contenido mediante por:  
EDMUNDO SEBASTIAN  
VILLEGAS SUAREZ

Ing. Sebastián Villegas S.  
*Técnico de laboratorio*



Firmado el contenido mediante por:  
JUAN DANIEL  
COQUINCHE  
ALVARADO

Egdo. Daniel Coquinche A.  
*Auxiliar de laboratorio*

**ANEXOS:**

<b>Nombre del equipo:</b>		Medidor de espesores de placa	
<b>Estado</b>	Bueno	<b>Fecha de adquisición:</b>	23/05/2011
<b>Ubicación:</b>			
Laboratorio de metalografía			
<b>Modelo:</b>			
AR850			
<b>Fabricante:</b>			
Intell instruments			
<b>Voltaje:</b>			
<b>Potencia:</b>			
<b>Revoluciones:</b>			
<b>Lista de componentes</b>			
Nº	Descripción del componente	Características	
1	Galga de calibración		
2	3 baterías	1.5V AAA	
3	Palpador	5MHz Ø 10	
4	Palpador	2MHz Ø 14	
5	Palpador	2.5MHz Ø 10	
6	Palpador	7MHz Ø 06	
7	Palpador	Sin especificación	
<b>OBSERVACIONES</b>			
Trabaja bien sin embargo necesita aceite acoplante para su funcionamiento.			

**Fotografías**

