

**VIABILIDAD ECONÓMICA, TÉCNICA Y AMBIENTAL DEL USO DEL ACERO DE
REFUERZO RECICLADO OBTENIDO DEL PROYECTO METRO DE BOGOTÁ EN LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS**

Andrés Felipe Gómez Pineda, Víctor Manuel Mesa González

Ingeniería civil, Facultad Ingenierías

Universidad la Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

**Viabilidad económica, técnica y ambiental del uso del acero de refuerzo reciclado
obtenido del proyecto metro de Bogotá en la construcción de viviendas de uno y
dos pisos**

Andrés Felipe Gómez Pineda, Víctor Manuel Mesa González

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero civil

Arnold Giuseppe Gutiérrez Torres asesor técnico y metodológico

Ingeniería civil, Facultad Ingenierías

Universidad la Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

Dedicatoria (opcional)

Dedicamos este trabajo investigativo al Todopoderoso por iluminar nuestra senda y a su infinita misericordia por concedernos el conocimiento.

A nuestros padres, hermanos y amigos que fueron pilares fundamentales en nuestra formación académica; gracias por su incondicional apoyo.

Con este trabajo procuramos reflejar su influencia, agradecidos por siempre estar atentos a nuestros requerimientos, este logro también es de ustedes. Infinitas gracias.

"La vocación es la espina dorsal de la vida" Nietzsche.

Agradecimientos (opcional)

Esta monografía ve la luz, gracias a un trabajo en equipo, un esfuerzo conjunto, largas jornadas de investigación, análisis, ensayos, los cuales sin el apoyo el uno del otro no se hubiera podido concluir; fueron esos derroteros, la dedicación y el compromiso los que dieron los frutos aquí plasmados.

Adicionalmente a nuestro tutor el ingeniero Arnold Giuseppe Gutiérrez Torres, por su valioso conocimiento, orientación y apoyo que enriqueció significativamente este trabajo.

A la Universidad la Gran Colombia, por brindarnos la oportunidad de adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para llevar a cabo este proyecto.

Y, finalmente a nuestras familias, amigos y compañeros, que nos brindaron su apoyo incondicional, aliento y guía durante este proceso. Su presencia en nuestra vida ha sido un factor clave para superar los desafíos y alcanzar nuestros objetivos.

A todos ellos, nuestro más sincero agradecimiento.

Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	5
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS.....	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
MARCO REFERENCIAL	14
MARCO TEÓRICO.....	14
<i>Propiedades mecánicas del acero</i>	14
<i>Ensayos para evaluar propiedades mecánicas</i>	17
MARCO CONCEPTUAL	17
<i>Reciclaje de acero</i>	17
<i>Reutilización de acero</i>	18
MARCO NORMATIVO	18
<i>Normas internacionales</i>	19
<i>Normativa colombiana</i>	21
VALORES LÍMITES Y PARÁMETROS DE NORMATIVAS	22
MARCO AMBIENTAL.....	23
<i>Producción de acero y gasto energético</i>	23
<i>Estimación del acero reciclado en el proyecto metro de Bogotá</i>	23
METODOLOGÍA	24
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	24
SELECCIÓN DE MUESTRAS	24
PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO.....	25
<i>Resistencia a la tracción:</i>	26
<i>Ensayo de pull-out:</i>	27
VALORACIÓN DE LOS COSTOS	30
ANÁLISIS AMBIENTAL	30
<i>Recolección de datos</i>	30
<i>Estimación de reducción de residuos</i>	32
<i>Estimación de la reducción de la huella de carbono</i>	32
<i>Comparación de impacto ambiental</i>	33
<i>Interpretación de los resultados</i>	33

EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL ACERO RECICLADO	34
<i>Resistencia a la Tracción</i>	<i>35</i>
<i>Ensayo de Pull-Out</i>	<i>44</i>
VALORACIÓN DE COSTOS	50
<i>Costo del acero reciclado vs. acero nuevo</i>	<i>50</i>
<i>Análisis Costo-Beneficio</i>	<i>51</i>
IMPACTO AMBIENTAL	53
<i>Reducción de Residuos</i>	<i>53</i>
<i>Reducción de la huella de carbono.....</i>	<i>54</i>
MATRIZ MULTICRITERIO	57
DISCUSIÓN.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	63
ANEXOS	70

Lista de Figuras

Figura 1 Curva esfuerzo - deformación del acero, intervalos de comportamiento estructura	16
Figura 2. Estado inicial de las barras.....	20
Figura 3. Guía y Estándar de la ISO 14044.....	20
Figura 4 Máquina de tracción – Laboratorio Gran Colombia	27
Figura 5 Ejecución del ensayo de Pull out.....	44
Figura 6 Ensayo de pull out en barras nuevas y usadas	48

Lista de Tablas

Tabla 1 Requisitos de tracción	15
Tabla 2 Requisitos de tracción	19
Tabla 3. Obtención de datos	29
Tabla 4 Matriz de ensayos para barras de acero	34
Tabla 5 Valores de Esfuerzo (MPa) – Deformación (mm/mm) de las barras nuevas y usadas más representativas.....	36
Tabla 6 Comparación de propiedades mecánicas entre barras de acero de refuerzo nuevas y usadas de ½" y 3/8"	43
Tabla 7 Comparación de resistencia a la tracción (barras recicladas vs. nuevas)	44
Tabla 8 Resultados de elongación obtenidos en el ensayo de Pull out.....	49
Tabla 9 Resultados de elongación obtenidos en el ensayo de Pull out.....	49
Tabla 10 Comparación de costos (acero reciclado vs. nuevo)	50
Tabla 11 Estimación de residuos de acero reciclado del proyecto Metro de Bogotá.	54
Tabla 12 Análisis de ciclo de vida del acero reciclado y nuevo	55
Tabla 13 Matriz multicriterio de costo-beneficio.....	57

Resumen

Este estudio analiza la viabilidad económica, técnica y ambiental del uso de acero reciclado proveniente de los residuos de construcción y demolición (RCD) del proyecto Metro de Bogotá para la construcción de viviendas de uno y dos pisos. El análisis compara los costos, las propiedades mecánicas y el impacto ambiental del acero reciclado frente al acero nuevo. La obtención de los materiales es clave, evaluando tanto la disponibilidad como el costo de recuperación del acero. Posteriormente, se realizaron ensayos de propiedades mecánicas en los laboratorios de la Universidad La Gran Colombia, proporcionando datos que respaldan las hipótesis iniciales sobre los beneficios económicos, técnicos y ambientales del uso de este material reciclado. Este estudio contribuye a la discusión sobre la reutilización de materiales en la construcción, destacando las ventajas del acero reciclado en términos de sostenibilidad y viabilidad técnica, en un contexto de creciente interés por la construcción sostenible.

Palabras clave:

Acero reciclado

Construcción sostenible

Residuos de construcción y demolición (RCD)

Viabilidad económica

Impacto ambiental

Propiedades mecánicas

Metro de Bogotá

Ensayos mecánicos

Reutilización de materiales

Abstract

This study evaluates the economic, technical, and environmental feasibility of using recycled steel from construction and demolition waste (CDW) from the Bogotá Metro project for the construction of one- and two-story houses. A comparative analysis is carried out between recycled steel and new steel, focusing on costs, mechanical properties, and environmental impact. The acquisition of materials plays a crucial role in the analysis, mainly regarding ease of access and cost. After obtaining the materials, relevant mechanical tests were conducted at the laboratories of Universidad La Gran Colombia to assess the properties of the recycled steel. These tests provide insights into the hypotheses concerning cost, technical performance, and environmental impact.

Keywords:

Recycled steel

Sustainable construction

Construction and demolition waste (CDW)

Economic feasibility

Environmental impact

Mechanical properties

Bogotá Metro project

Mechanical tests

Material reuse.

Introducción

La sostenibilidad en la construcción se ha convertido en un tema central en las políticas urbanas y en la investigación académica debido a la creciente preocupación por el impacto ambiental de la industria. En este contexto, el reciclaje de materiales de construcción, particularmente el acero, ha cobrado relevancia como una alternativa viable para reducir el consumo de recursos naturales y la emisión de gases de efecto invernadero. El acero es uno de los materiales más utilizados en la construcción debido a sus propiedades mecánicas y su capacidad de ser reciclado sin pérdida significativa de calidad (Martínez et al., 2022). Sin embargo, su reciclaje y reutilización en proyectos de construcción, especialmente en viviendas, plantea interrogantes que van más allá del simple proceso de recuperación del material.

En Bogotá, el proyecto Metro de Bogotá, actualmente en construcción, genera grandes cantidades de acero de refuerzo que, en lugar de ser descartado, podría ser reciclado y reutilizado en nuevos proyectos de construcción. Este contexto ofrece una oportunidad única para evaluar la viabilidad del uso de acero reciclado en la construcción de viviendas, particularmente en áreas urbanas de rápido crecimiento donde la demanda de viviendas asequibles es alta (González & Pérez, 2021).

El presente estudio tiene como objetivo principal determinar la viabilidad económica, técnica y ambiental del uso de acero de refuerzo reciclado, obtenido del proyecto Metro de Bogotá, en la construcción de viviendas de uno y dos pisos. A través de un análisis exhaustivo que incluye simulaciones algorítmicas, estudios de costo-beneficio y evaluaciones de impacto ambiental, esta investigación busca proporcionar una base sólida para la toma de decisiones en futuros proyectos de construcción en Bogotá y otras ciudades similares.

La viabilidad económica será analizada mediante la comparación de los costos asociados al reciclaje y uso de acero de refuerzo frente a la adquisición de acero nuevo. Este análisis considerará no solo los costos directos, como la logística y procesamiento del material reciclado, sino también los costos indirectos asociados a la reducción de residuos y el potencial ahorro en materiales (Chen & Wang, 2018).

Desde un punto de vista técnico, el estudio evaluará las propiedades mecánicas del acero reciclado para determinar si cumple con los estándares de calidad necesarios para su uso en la construcción de viviendas. La resistencia a la tracción y la ductilidad y del acero reciclado serán evaluadas y comparadas con las del acero nuevo, utilizando métodos de simulación avanzados (Smith, 2020). Además, el impacto ambiental será considerado a través de un análisis de ciclo de vida (LCA) para cuantificar las reducciones en la huella de carbono y otros impactos ambientales asociados con el uso de acero reciclado (Nguyen, 2019).

Este trabajo se organiza en varios capítulos que abordan los diferentes aspectos del estudio. El primer capítulo desarrolla el marco referencial, contextualizando el uso de acero reciclado en la construcción dentro de la literatura existente. En los capítulos posteriores, se detallan los aspectos metodológicos, se presentan y discuten los resultados obtenidos, y finalmente se ofrecen conclusiones y recomendaciones que buscan orientar la implementación efectiva del acero reciclado en futuros proyectos de construcción.

La importancia de este estudio radica en su contribución a la sostenibilidad en la construcción, un campo en constante evolución que busca equilibrar el desarrollo urbano con la protección del medio ambiente. Al demostrar la viabilidad del acero reciclado en la construcción de viviendas en Bogotá, esta investigación podría sentar las bases para políticas y prácticas que promuevan un uso más eficiente y responsable de los recursos en la industria de la construcción.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la viabilidad económica, técnica y ambiental del uso del acero de refuerzo reciclado, obtenido del proyecto Metro de Bogotá, en la construcción de viviendas de uno y dos pisos.

Objetivos Específicos

Analizar las propiedades técnicas del acero de refuerzo reciclado, incluyendo resistencia, durabilidad y adecuación para su uso en estructuras de viviendas de uno y dos pisos.

Evaluar el costo asociado a la utilización del acero de refuerzo reciclado en comparación con el acero nuevo.

Determinar el impacto ambiental del uso del acero reciclado, con especial énfasis en la reducción de residuos y la huella de carbono, en comparación con el uso de acero de nueva fabricación.

Marco referencial

En el contexto actual de la construcción, el uso sostenible de los recursos materiales ha cobrado gran relevancia, especialmente en proyectos de infraestructura de gran envergadura como el Metro de Bogotá. El reciclaje y la reutilización de materiales, en particular del acero de refuerzo, ofrecen oportunidades significativas para reducir los costos de construcción, minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia en el uso de recursos no renovables. Este capítulo tiene como objetivo proporcionar un marco teórico, conceptual, normativo y ambiental para la evaluación de la viabilidad económica, técnica y ambiental del uso del acero de refuerzo reciclado en la construcción de viviendas de uno y dos pisos, basado en los materiales obtenidos del proyecto Metro de Bogotá.

Marco teórico

Propiedades mecánicas del acero

El acero de refuerzo es uno de los materiales más utilizados en la construcción debido a sus propiedades mecánicas excepcionales. Estas propiedades incluyen una alta resistencia a la tracción, ductilidad, tenacidad, y buena adherencia al concreto, las cuales son esenciales para soportar las cargas en estructuras. Estas características hacen que el acero sea ideal para estructuras sismo-resistentes, donde los materiales deben soportar deformaciones sin falla, como lo estipula la Norma Sismo Resistente NSR-10 en Colombia (AIS, 2010).

- 1) **Resistencia a la tracción:** El acero tiene una elevada resistencia a la tracción, lo que le permite soportar grandes esfuerzos sin deformarse permanentemente. La norma

ASTM A615 establece los requisitos de resistencia mínima para barras de refuerzo (ASTM International, 2024).

Tabla 1 Requisitos de tracción

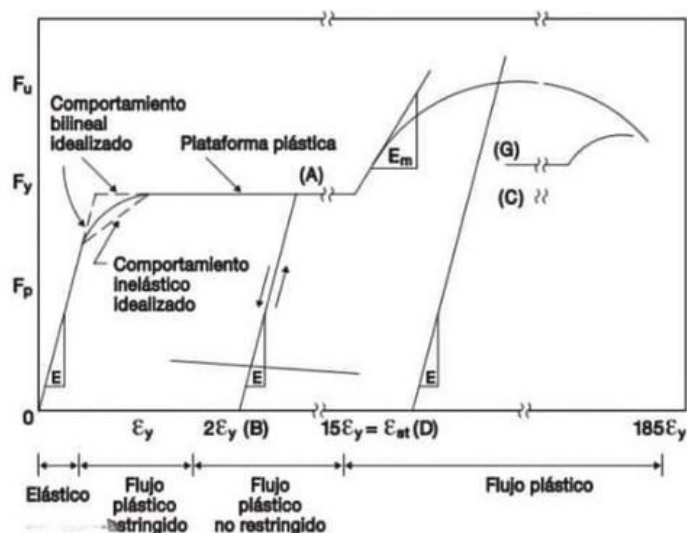
	Grado 420	Grado 550
	MPa	
Resistencia a la tracción mínima	550	690
Resistencia a la fluencia mínimo	420	550
Resistencia a la fluencia máxima	540	675
Porcentaje (%) de alargamiento mínimo con distancia entre marcas de 200 mm		
Número de designación	%	
Entre 6,0 M y 19M	14	12
Entre 22 M y 36 M	12	12
Entre 43 M y 57 M	10	10
La resistencia a la tracción debe ser igual o mayor a 1,25 veces el punto de fluencia.		

Tomado de ICONTEC (2020)

El diagrama de esfuerzo-deformación se divide en dos regiones clave que describen el comportamiento de un material bajo carga: la región elástica y la región plástica, como se muestra en la Figura 1. La región elástica se extiende desde el inicio de la carga hasta el límite de elasticidad. En esta zona, el material sigue la ley de Hooke, que establece que la fuerza de tracción es directamente proporcional a la deformación; es decir, cuando se retira la carga, el material regresa a su forma original sin sufrir deformaciones permanentes.

En contraste, la región plástica comienza en el punto de fluencia, continúa a través del punto de esfuerzo máximo y culmina en el punto de fractura. En esta zona, el material experimenta deformación permanente, lo que significa que, aunque se retire la carga, el material no recupera su forma original. Aquí se observa un comportamiento irreversible, característico de materiales dúctiles bajo cargas elevadas.

Figura 1 Curva esfuerzo - deformación del acero, intervalos de comportamiento estructura



Tomado de Luazu construcción (2020)

- 2) **Ductilidad y tenacidad:** La ductilidad es la capacidad del acero para deformarse sin fracturarse bajo cargas intensas, una propiedad fundamental en zonas sísmicas. La tenacidad es la capacidad del material de absorber energía antes de fracturarse, lo que permite que las estructuras con acero de refuerzo soporten movimientos sísmicos sin colapsar (Purnell, 2012). Este comportamiento es crucial para garantizar la seguridad de las estructuras en zonas de alta actividad sísmica, como Bogotá.

- 3) **Adherencia al concreto:** La adherencia entre el acero y el concreto es un factor determinante para el buen comportamiento estructural de una edificación. La adherencia depende de la superficie del acero, que está diseñada con un grabado (corrugado) para asegurar una mejor integración con el concreto. Esto permite la transferencia de esfuerzos entre el acero y el concreto, garantizando que ambos materiales trabajen de manera conjunta para resistir las cargas aplicadas (Gutiérrez et al., 2019).

Ensayos para evaluar propiedades mecánicas

Para garantizar que el acero reciclado mantenga sus propiedades mecánicas, se realizaron diversos ensayos de laboratorio. Estos incluyeron pruebas de tracción y adherencia (ensayo pull-out). El ensayo de tracción se llevó a cabo siguiendo las normativas de ASTM A370 (2019), lo que permitió obtener datos precisos sobre el límite elástico, resistencia máxima y elongación del acero reciclado en comparación con el acero nuevo.

El ensayo pull-out se utilizó para evaluar la capacidad de adherencia del acero con el concreto. Este ensayo es particularmente importante para el acero reciclado, ya que el proceso de reutilización puede afectar su capacidad de adherencia debido al desgaste de su grabado o la presencia de restos de concreto en la superficie del acero (González et al., 2020).

Marco conceptual

El Marco Conceptual establece las definiciones clave utilizadas en este estudio, ofreciendo una base teórica clara para la comprensión del análisis del acero reciclado y reutilizado en la construcción de viviendas.

Reciclaje de acero

El reciclaje de acero implica procesar materiales metálicos desechados para convertirlos en productos nuevos. El acero es un material infinitamente reciclable, lo que significa que puede ser reutilizado una y otra vez sin perder sus propiedades esenciales, como resistencia a la tracción y ductilidad. Según la World Steel Association (2020), más del 90% del acero producido a nivel mundial proviene de fuentes recicladas, lo que

reduce considerablemente la necesidad de extraer recursos naturales y disminuye el impacto ambiental de la producción de acero.

El proceso de reciclaje de acero incluye varias etapas: recolección de la chatarra, separación de impurezas, fundición y producción de nuevas barras de acero. Este ciclo permite reducir la huella de carbono de la industria siderúrgica y ofrece una alternativa sostenible al uso de acero nuevo.

Reutilización de acero

A diferencia del reciclaje, la reutilización de acero implica tomar barras de refuerzo extraídas de estructuras demolidas y volver a emplearlas en nuevos proyectos de construcción. Este proceso es menos intensivo en términos energéticos que el reciclaje, ya que no implica la fundición del material, pero sí requiere tratamientos como el enderezado y la limpieza para asegurar que las barras sean adecuadas para su uso en estructuras nuevas (Yellishetty et al., 2011).

La reutilización de acero es especialmente viable en proyectos de gran escala, como el Metro de Bogotá, donde se generan cantidades significativas de acero durante las demoliciones. Según los informes del proyecto, se estima que más de 30,000 toneladas de acero podrán ser recuperadas de las demoliciones, lo que ofrece una oportunidad considerable para reutilizar este material en la construcción de viviendas (Metro de Bogotá, 2021).

Marco normativo

La utilización de acero reciclado en la construcción debe cumplir con normativas internacionales y nacionales que aseguren la seguridad y durabilidad de las edificaciones. En Colombia, la NSR-10 regula el uso de materiales en construcciones

sismo-resistentes, especificando las propiedades mínimas del acero de refuerzo que debe cumplir (AIS, 2010).

Normas internacionales

ASTM A615: Esta norma establece los requisitos para el acero de refuerzo, incluyendo las propiedades de resistencia y adherencia necesarias para su uso en estructuras de concreto (ASTM International, 2024), cómo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Requisitos de tracción

	Grade 40 [280] ^A	Grade 60 [420]	Grade 80 [550]	Grade 100 [690]
Tensile strength, min, psi [MPa]	60 000 [420]	80 000 [550]	100 000 [690]	115 000 [790]
Yield strength, min, psi [MPa]	40 000 [280]	60 000 [420]	80 000 [550]	100 000 [690]
Ratio of actual tensile strength to actual yield strength, min	1.10	1.10	1.10	1.10
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %				
Bar Designation No.				
10	11	9	7	7
12, 16	12	9	7	7
20	12	9	7	7
25	...	8	7	7
28, 32, 36	...	7	6	6
40, 50, 60	...	7	6	6

^A Only bar sizes 10 through 20 are covered by this specification for Grade 40 [280].

Tomado de ASTM A615/A615M-24 (2024)

ASTM A370: En esta norma se establece los métodos de prueba para las propiedades mecánicas del acero. Este estándar describe los ensayos de tracción y doblado que verifican la resistencia y la ductilidad de las barras de acero. Es aplicable tanto para acero nuevo como reciclado, asegurando consistencia en los resultados de resistencia. De acuerdo a la ASTM A370 (2019), para aceros de construcción la norma pide que la longitud inicial sea:

$$L_0 \sim 5,65\sqrt{S_0} = 5d_0$$

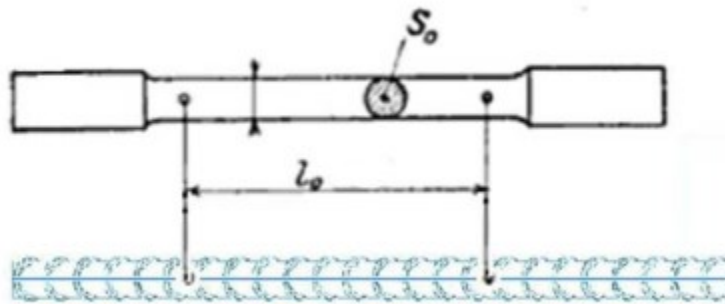
Donde:

L_0 : Longitud inicial

d_0 : Diámetro inicial

S_0 : Área inicial

Figura 2. Estado inicial de las barras



ISO 14044: Esta norma internacional regula el análisis del ciclo de vida (LCA), proporcionando directrices sobre la evaluación del impacto ambiental de los materiales reciclados en comparación con los nuevos (ISO, 2006). La norma ISO 14044:2006 especifica los requisitos y ofrece directrices concretas para la realización de un ciclo de vida entre los que se encuentran:

- La definición del objetivo y el alcance
- El análisis del inventario del ciclo de vida,
- La fase de evaluación del impacto de ciclo de vida
- La fase de interpretación del ciclo de vida,
- El informe final y la revisión crítica.

Figura 3. Guía y Estándar de la ISO 14044



Tomado de TraceX Technologies (2023)

Normativa colombiana

En Colombia, la normativa aplicable al uso de acero en la construcción está regulada por la Norma Sismo Resistente (NSR-10). Esta normativa establece los requisitos mínimos de resistencia y durabilidad para todos los materiales utilizados en estructuras sismo-resistentes, incluyendo el acero de refuerzo. El uso de acero reciclado o reutilizado debe cumplir con los mismos estándares establecidos para el acero nuevo, garantizando que el material tenga la capacidad de soportar las cargas y esfuerzos impuestos durante la vida útil de la estructura (AIS, 2010).

Asimismo, las Normas Técnicas Colombianas (NTC) desempeñan un papel clave en la regulación y estandarización de los materiales de construcción, incluyendo el acero de refuerzo utilizado en estructuras. Específicamente, la NTC 2289 (ICONTEC, 2020) es la que establece los procedimientos para la preparación de barras de acero para ensayos mecánicos. Esta norma especifica cómo deben cortarse, acondicionarse y prepararse las muestras de acero para garantizar que los ensayos de tracción, doblado, y otros, se realicen de manera estandarizada y comparativa. El objetivo de la NTC 2289 (ICONTEC, 2020) es asegurar que las muestras de acero estén en condiciones óptimas para obtener

resultados precisos y reproducibles en los ensayos de laboratorio, lo que es esencial para validar las propiedades mecánicas del acero, como la resistencia y la ductilidad, tanto para acero nuevo como reciclado. Asimismo, los requisitos para las barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación utilizadas en el refuerzo de concreto. Esta norma define las propiedades mecánicas mínimas que deben cumplir las barras de acero, como la resistencia a la tracción, el límite elástico y la ductilidad, con el objetivo de garantizar la seguridad estructural en construcciones sometidas a cargas estáticas y dinámicas, como aquellas ubicadas en zonas sísmicas. Además, la **NTC 5727** (ICONTEC, 2010) regula el manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD), promoviendo la gestión sostenible de los materiales y fomentando el reciclaje de componentes, como el acero, lo que alinea este tipo de proyectos con los principios de economía circular y construcción sostenible. Estas normativas aseguran que el acero reciclado, al igual que el nuevo, cumpla con los requisitos de calidad y seguridad, permitiendo su uso adecuado en proyectos de infraestructura y edificación.

Valores límites y parámetros de normativas

Resistencia a la tracción: Conforme a ASTM A615 (2024) y NSR-10 (2010), el valor mínimo es de 620 MPa.

Módulo de elasticidad: La normativa ASTM A615 (2024), que establece las especificaciones para las barras de refuerzo de acero, no especifica un valor límite preciso para el módulo de elasticidad, pero en la práctica y en documentos de ingeniería estructural, el módulo de elasticidad para barras de refuerzo de acero al carbono se considera convencionalmente entre 200,000 y 210,000 MPa (ASTM, 2018). Este rango es ampliamente aceptado en la industria y se utiliza como referencia para cálculos estructurales de acero de refuerzo en concreto.

En Colombia, la Norma Sismo Resistente (NSR-10) también utiliza el valor de 200,000 MPa como referencia para el módulo de elasticidad del acero de refuerzo en sus

especificaciones para diseño estructural de concreto reforzado en edificaciones (AIS, 2010).

Marco ambiental

El reciclaje de acero tiene importantes implicaciones ambientales. Se estima que la producción de acero virgen es una de las actividades industriales más intensivas en energía, y que genera grandes cantidades de emisiones de CO₂. El reciclaje del acero ofrece una alternativa sostenible, ya que reduce tanto el consumo de energía como las emisiones de gases de efecto invernadero (Pauliuk et al., 2013).

Producción de acero y gasto energético

La producción de acero a partir de mineral virgen requiere enormes cantidades de energía y emite grandes volúmenes de CO₂. Según la World Steel Association (2020), la producción de una tonelada de acero virgen emite alrededor de 1.8 toneladas de CO₂. Además, la minería de hierro y la refinación del acero generan impactos negativos significativos en los ecosistemas locales.

Estimación del acero reciclado en el proyecto metro de Bogotá

El proyecto Metro de Bogotá, uno de los más grandes en la historia de la ciudad, ha generado una cantidad significativa de residuos de construcción, incluidos escombros de concreto y acero de refuerzo. Según los informes del proyecto, se estima que más de 30,000 toneladas de acero serán recuperadas de las demoliciones. Este acero puede ser reutilizado y reciclado en nuevos proyectos de construcción, lo que representa una oportunidad considerable para reducir costos y minimizar el impacto ambiental (Metro de Bogotá, 2021).

Metodología

La metodología empleada en esta investigación busca evaluar la viabilidad económica, técnica y ambiental del uso de acero de refuerzo reciclado obtenido del proyecto Metro de Bogotá en la construcción de viviendas de uno y dos pisos. A continuación, se describen las fases y técnicas utilizadas para llevar a cabo este análisis.

Diseño de la investigación

La investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas para evaluar la viabilidad del uso de acero reciclado proveniente del proyecto Metro de Bogotá en la construcción de viviendas de uno y dos pisos.

El enfoque cuantitativo incluyó la recolección de datos mediante ensayos de laboratorio, con el objetivo de medir propiedades físicas y mecánicas del acero reciclado, como la resistencia a la tracción y a la compresión. Estos datos fueron analizados estadísticamente para determinar la viabilidad técnica del uso del acero reciclado.

Selección de muestras

La selección de muestras se centró en acero de refuerzo recuperado del proyecto Metro de Bogotá. Las barras que se escogieron estaban en buen estado, fue tomado por buena apariencia visual, y fueron preparadas siguiendo las recomendaciones de la NTC 2289 (ICONTEC, 2020). Se eliminaron contaminantes y se realizaron cortes en tamaños estandarizados para pruebas específicas. Se realizaron pruebas en lotes representativos de este acero, asegurando que las muestras fueran homogéneas y que cumplieran con las especificaciones técnicas necesarias para el análisis. El acero fue seleccionado

según criterios de integridad estructural, con un enfoque en piezas que mostraran un desgaste mínimo.

Las muestras seleccionadas tenían las siguientes especificaciones:

Diámetro: Se emplearon barras de refuerzo de diámetros de $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) y $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm) para cubrir los tamaños más comunes utilizados en la construcción.

Longitud: Las barras fueron cortadas en longitudes de 300 mm para los ensayos de tracción y pull-out, asegurando que cumplan con los requisitos establecidos por la norma ASTM A370 (2019), que regula las dimensiones mínimas de las probetas para este tipo de ensayos.

Condiciones superficiales: Las barras de acero reciclado fueron limpiadas para eliminar residuos de concreto y óxido, mientras que las barras nuevas se mantuvieron en su estado original de fábrica.

Cuántías de las muestras: Se seleccionaron un total de 24 muestras de cada tipo (nuevas y recicladas), divididas en 12 muestras de $\frac{1}{2}$ " y 12 de $\frac{3}{8}$ ", donde la mitad de cada una correspondían a usadas y nuevas, para permitir comparaciones estadísticamente significativas.

Cada conjunto de muestras fue preparado y numerado conforme a las indicaciones de la norma NTC 2289 (ICONTEC, 2020), garantizando homogeneidad en el tratamiento previo y estandarización en los ensayos.

Procedimientos de ensayo

Los ensayos realizados incluyeron una serie de pruebas mecánicas para evaluar la calidad del acero reciclado. Se llevaron a cabo siguiendo estrictamente las normativas internacionales ASTM y las Normas Técnicas Colombianas (NTC) para asegurar precisión y comparabilidad de los resultados, descritas en el capítulo Marco referencial.

Entre las pruebas destacadas se encuentran:

Resistencia a la tracción: Se utilizó un ensayo de tracción para determinar la resistencia máxima del acero antes de su ruptura. Este ensayo es fundamental para garantizar que el acero reciclado pueda soportar las cargas previstas en una estructura residencial.

Norma aplicada: ASTM A370 (2019), NTC 2289 (ICONTEC, 2020).

Equipo: Máquina universal de ensayos de tracción con capacidad de 600 kN, calibrada según las especificaciones de la ASTM E4 (2021) para la precisión de equipos de ensayo.

Preparación de las muestras: Las muestras se cortaron a una longitud de 300 mm y se acondicionaron según las normas, eliminando cualquier residuo o imperfección superficial.

Procedimiento:

La muestra se colocó en los sujetadores de la máquina de tracción, ajustándose firmemente para evitar deslizamientos (Ver Figura 4).

Se aplicó una carga axial incremental, aumentando la fuerza de forma controlada hasta la fractura de la barra.

Se registraron valores de esfuerzo y deformación para calcular la resistencia máxima, el límite elástico y la elongación.

Figura 4 Máquina de tracción – Laboratorio Gran Colombia



Parámetros medidos: Resistencia a la tracción, límite elástico, y porcentaje de elongación.

Ensayo de pull-out: Este ensayo se diseñó para evaluar la adherencia del acero reciclado al concreto, un aspecto crítico para su desempeño estructural. Las barras de acero fueron insertadas en cilindros de concreto y luego sometidas a una fuerza de tracción axial hasta el fallo, siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C234 (ASTM International, 1989).

Norma Aplicada: ASTM C234 (1989), NSR-10 (2010) (para construcciones sísmo-resistentes en Colombia).

Equipo: Dispositivo de tracción y moldes de concreto con capacidad de 3000 psi de resistencia a la compresión.

Preparación de las muestras: Las barras de acero se insertaron en cilindros de concreto de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, siguiendo la proporción 1:2:3 (cemento: arena: grava) para asegurar consistencia en las propiedades del concreto.

Procedimiento:

Se prepararon los cilindros de concreto con la barra embebida y se curaron durante 28 días para alcanzar la resistencia especificada.

El cilindro se montó en el equipo de ensayo y se aplicó una carga de tracción axial a la barra hasta que se presentó el deslizamiento o la fractura.

Se midieron el esfuerzo máximo y el desplazamiento de la barra para evaluar la adherencia del acero al concreto.

Parámetros medidos: Fuerza máxima de extracción y desplazamiento.

Estos ensayos fueron realizados en laboratorios acreditados de la universidad Gran Colombia, siguiendo protocolos estrictos para garantizar la precisión y la reproducibilidad de los resultados.

Luego de la ejecución de los ensayos, se procedió a calcular los parámetros de acuerdo a la Tabla 3 para su posterior análisis.

Tabla 3. Obtención de datos

Datos		Descripción	Fórmula
Resistencia a la tensión (MPa)		El esfuerzo máximo	Se toma el valor máximo del esfuerzo
Módulo de elasticidad E(MPa)		La pendiente de la zona elástica	$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{\text{Esfuerzo mayor} - \text{Esfuerzo menor}}{\text{Deformación mayor} - \text{deformación menor}}$
Ductilidad	%Elongación	Aumento de la longitud del material antes de la rotura	$\% \text{Elongación} = \frac{\text{Longitud mayor} - \text{Longitud menor}}{\text{Longitud menor}} * 100$
	%Reducción de área	Disminución del área del material antes de la rotura	$\% \text{Reducción de área} = 1 - \frac{\text{Longitud menor}}{\text{Longitud mayor}} * 100$
Punto de rotura (MPa)		El esfuerzo ultimo antes de la rotura	Se toma el ultimo valor del esfuerzo antes de la rotura

Valoración de los costos

La valoración de los costos se basó en un análisis comparativo de costos entre el acero reciclado y el acero nuevo. El análisis incluyó el costo del proceso de reciclaje, que abarcó la recolección, transporte y procesamiento del acero, en comparación con el costo de producción y adquisición de acero nuevo.

Las etapas para el desarrollo de esta sección consistieron en la recolección de datos del acero nuevo y reciclado, los costos adicionales asociados al acero reciclado, cantidad de acero requerido para una vivienda de 40m². Con estos valores se estimó el costo total asociado a cada tipo de acero (nuevo y reciclado) y el ahorro con el uso de acero reciclado. Finalmente, esta información se incluyó en la matriz multicriterio para el análisis costo- beneficio.

Análisis ambiental

El objetivo de esta metodología es evaluar el impacto ambiental del uso de acero reciclado en comparación con el acero nuevo, enfocándose en la reducción de residuos de construcción y demolición (C&D) y en la disminución de la huella de carbono asociada a su producción. Para ello, se seguirán los siguientes pasos:

Recolección de datos

Fuentes de acero: Se identificarán las fuentes de acero reciclado provenientes de residuos de construcción y demolición (RCD), específicamente del proyecto Metro de Bogotá y para el acero nuevo se tendrá en cuenta que su producción se hace en Paz del Río, Boyacá.

Esto incluirá el análisis de residuos metálicos de las estructuras demolidas en las estaciones y vías del proyecto, para asegurar la homogeneidad y calidad del acero reciclado en términos de pureza y grado de corrosión. Para el acero nuevo, se recopilarán datos de producción de la planta de Acerías Paz del Río, en Boyacá, en donde se evaluarán los procesos productivos empleados.

Volumen de residuos: Se calculará el volumen total de RCD proyectado a partir de los informes de avance del proyecto Metro de Bogotá, considerando los diferentes tipos de acero recuperable. Además, se emplearán normativas internacionales de gestión de residuos como la ISO 14044 para estandarizar los métodos de cuantificación de dichos residuos y asegurar la comparabilidad de resultados.

Parámetros medioambientales: Los datos sobre consumo de energía, emisiones de CO₂ y generación de residuos para ambos tipos de acero (reciclado y nuevo) se obtendrán de estudios nacionales e internacionales reconocidos, como la International Energy Agency (2020), la World Steel Association (2020), y el Ministerio de Minas y Energía de Colombia (MinMinas, 2021). Asimismo, se incluirán las proyecciones de residuos sólidos para cada tipo de acero, usando como referencia estudios de la OECD (2022) sobre residuos de construcción, que nos permitirán determinar la generación de escorias y otros residuos en el proceso de producción de acero nuevo y reciclado.

Análisis de ciclo de vida (ACV): Se realizará un Análisis de Ciclo de Vida (LCA) para comparar los impactos ambientales entre el acero reciclado y el acero nuevo. El ciclo de vida incluirá las siguientes etapas:

-Producción y recolección de chatarra de acero reciclado y mineral de hierro para el acero nuevo: Se revisarán los métodos exactos de recolección de chatarra del proyecto Metro, y la extracción de mineral para el acero nuevo, destacando el tipo de tecnología y los insumos energéticos empleados.

-Procesamiento y fundición del acero en ambos casos: Se analizarán los consumos energéticos y emisiones asociadas al proceso de reciclaje en contraste con la fundición primaria de acero virgen.

-Transporte del acero al sitio de construcción: e calcularán las emisiones y consumo de energía derivados del transporte del acero desde su lugar de origen (Bogotá o Boyacá) hasta el sitio de construcción, considerando el peso y frecuencia de transporte.

-Uso en la construcción de estructuras y fin de vida útil: Se evaluará la durabilidad y reciclabilidad del acero al final de su vida útil en las estructuras, y los posibles procesos de disposición final, utilizando como referencia los métodos actuales de reciclaje en Colombia y otros países.

Estimación de reducción de residuos

Identificación de residuos de acero: Se estimará la proporción de acero dentro de los residuos de construcción y demolición (C&D) del proyecto Metro de Bogotá.

Proyección de reducción de residuos: Utilizando los datos anteriores, se proyectará el uso de acero reciclado, alineándose con las políticas de sostenibilidad y economía circular promovidas por la International Solid Waste Association (2020).

Estimación de la reducción de la huella de carbono

Cálculo de emisiones de CO₂: Para este cálculo se evaluarán los datos proporcionados por la World Steel Association (2020) y el Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2021), ajustados al contexto local.

Consumo de energía: Con los datos provenientes de la International Energy Agency (2020), se calculará la reducción de consumo energético en función de la cantidad de acero reciclado utilizado.

Comparación de impacto ambiental

Uso de recursos naturales: Se comparará el uso de recursos naturales, donde el acero reciclado no requiere la extracción de mineral de hierro ni carbón, y se tendrá en cuenta los valores publicados por el Instituto Colombiano del Acero (2018) para las barras de acero nuevo.

Interpretación de los resultados

Los resultados del análisis de ciclo de vida (LCA) y la estimación de la reducción de residuos y huella de carbono serán interpretados en función de las ventajas del acero reciclado para la construcción de viviendas.

Se hará una comparación directa entre el impacto ambiental del acero reciclado y el nuevo, destacando los beneficios económicos y de sostenibilidad del uso de acero reciclado en Colombia.

Experimentación y análisis de resultados

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados, el análisis de los costos económicos del acero de refuerzo para una vivienda de uno y dos pisos y el impacto ambiental del uso del acero de refuerzo reciclado. Se discuten las implicaciones técnicas y la viabilidad de este material en comparación con el acero nuevo en la construcción de viviendas de uno y dos pisos. Además, se incluye una matriz multicriterio que evalúa las variables económicas y ambientales.

Análisis de las propiedades del acero reciclado

Uno de los primeros objetivos específicos de esta investigación fue analizar las propiedades técnicas del acero reciclado, lo que incluyó ensayos de resistencia a la tracción y pruebas de adherencia con concreto (ensayo pull-out). A partir de estos ensayos, se logró obtener datos relevantes sobre la capacidad del acero reciclado para soportar cargas y mantener sus propiedades estructurales bajo condiciones de uso.

Tabla 4 Matriz de ensayos para barras de acero

Ensayo	Propiedad Evaluada	Norma Aplicada	Material Ensayado	Resultados Clave
Ensayo de Tracción	Resistencia a la tracción, límite elástico, elongación	ASTM A370 (2019), NTC 2289 (ICONTEC,2020)	Barras de acero reciclado y nuevo	- Resistencia (MPa)
				- Límite elástico (MPa)
				- % Elongación

Ensayo de Pull-Out	Adherencia entre acero y concreto	ASTM C234 (1989)	Barras de acero reciclado y nuevo	- Fuerza de extracción máxima (kN)
				- Adherencia (MPa)
				- Desplazamiento (mm)

Resistencia a la Tracción

El ensayo de tracción se realizó siguiendo las normas NTC 2289 (ICONTEC,2020) y ASTM A370 (2019). Las probetas utilizadas, con una longitud promedio de 0.3 m, correspondían a barras de acero de 1/2" (diámetro de 0.0126 m) y de 3/8" (diámetro de 0.0093 m). Todas las muestras fueron ensayadas en la misma máquina universal de ensayos del laboratorio de la Universidad La Gran Colombia. Durante el procedimiento, la máquina sujetó cada probeta por los extremos y aplicó una carga creciente de manera controlada hasta que se produjo la fractura de la muestra.

En la Tabla 5 se presentan los valores obtenidos de esfuerzo (MPa) y deformación (mm/mm) para las barras nuevas y usadas más representativas, calculados a partir de las fórmulas descritas en la Tabla 3. Como se puede observar, a medida que aumenta el esfuerzo aplicado, la deformación también incrementa, siguiendo un comportamiento típico de los materiales dúctiles como el acero. Esta relación entre esfuerzo y deformación refleja la capacidad del material para resistir cargas antes de alcanzar su punto de ruptura.

Tabla 5 Valores de Esfuerzo (MPa) – Deformación (mm/mm) de las barras nuevas y usadas más representativas

BARRA 4 NUEVA	
Esfuerzo σ (MPa)	ϵ(mm/mm)
229.67	0.001
232.06	0.002
379.59	0.005
549.44	0.008
551.83	0.010
570.97	0.014
568.58	0.018
574.96	0.022
592.50	0.026
590.91	0.028
597.29	0.033
602.87	0.038
603.67	0.040
601.28	0.043
617.22	0.047
606.86	0.051
618.02	0.054
619.62	0.057
625.20	0.059
633.17	0.062
628.39	0.065
633.17	0.069
643.54	0.072
637.96	0.076
643.54	0.079
644.34	0.082
646.73	0.087
645.93	0.091
656.30	0.094
657.89	0.100
658.69	0.107
656.30	0.111
663.48	0.116
670.65	0.123

BARRA 3 USADA	
Esfuerzo σ (MPa)	ϵ(mm/mm)
221.25	0.000
226.80	0.001
249.01	0.001
342.59	0.004
530.53	0.006
540.05	0.008
553.53	0.010
570.18	0.014
567.80	0.018
581.28	0.022
582.87	0.025
594.77	0.027
590.01	0.030
597.94	0.032
593.97	0.034
596.35	0.037
597.54	0.040
602.70	0.043
609.83	0.046
616.18	0.049
617.76	0.052
614.59	0.056
620.94	0.058
623.31	0.060
624.90	0.064
629.66	0.068
633.62	0.073
637.59	0.078
634.42	0.081
645.52	0.085
646.31	0.090
643.93	0.093
651.07	0.096
655.04	0.103

661.65	0.129
673.84	0.136
674.64	0.146
673.05	0.154
677.83	0.161
680.22	0.169
681.82	0.186
682.62	0.198
681.82	0.320

651.07	0.109
657.41	0.114
669.31	0.120
659.79	0.123
666.14	0.129
670.90	0.137
678.03	0.145
675.65	0.153
668.52	0.161
678.83	0.175
678.03	0.191
683.58	0.317

Las gráficas 1 y 2 representan las curvas de esfuerzo-deformación para barras de acero de ½" nuevas y usadas respectivamente. Estas curvas son fundamentales para evaluar el comportamiento mecánico del acero de refuerzo bajo cargas aplicadas, permitiendo analizar la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación que sufre el material. En ambas gráficas se puede observar que las barras nuevas y usadas presentan comportamientos similares en cuanto a su capacidad de deformarse bajo carga antes de alcanzar su punto de rotura. Sin embargo, es notable una leve variación en el módulo de elasticidad, donde las barras nuevas muestran un mayor módulo, lo que indica una menor deformación elástica bajo el mismo esfuerzo. A pesar de esta diferencia, la resistencia a la tensión y la ductilidad de ambos tipos de barras son prácticamente equivalentes, lo que sugiere que el acero reutilizado sigue siendo viable para su uso en estructuras de uno y dos pisos, cumpliendo con los requisitos de seguridad estructura

Gráfico 1 Curva de esfuerzo-deformación barras de acero 1/2" nueva

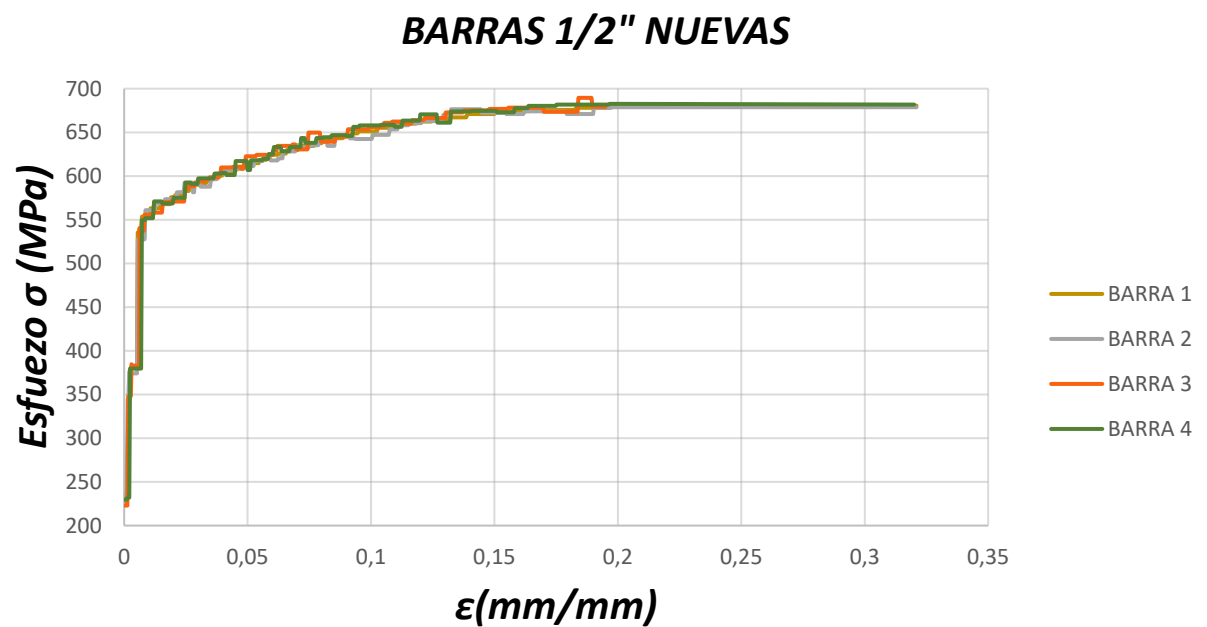


Gráfico 2 Curva de esfuerzo-deformación barras de acero 1/2" usadas

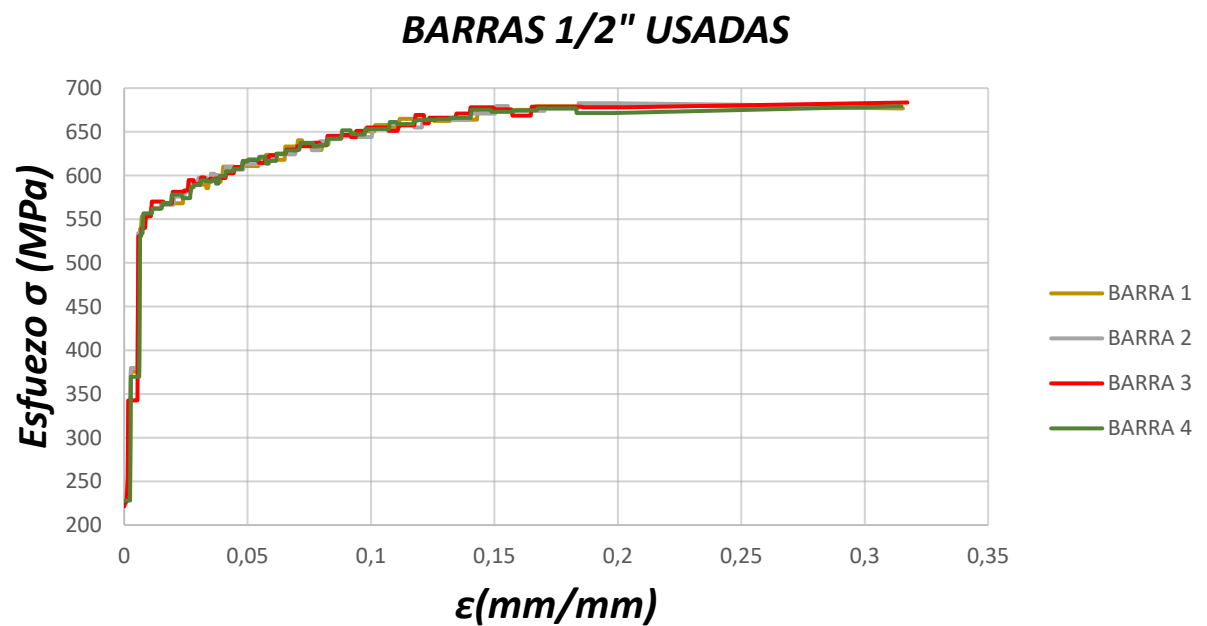
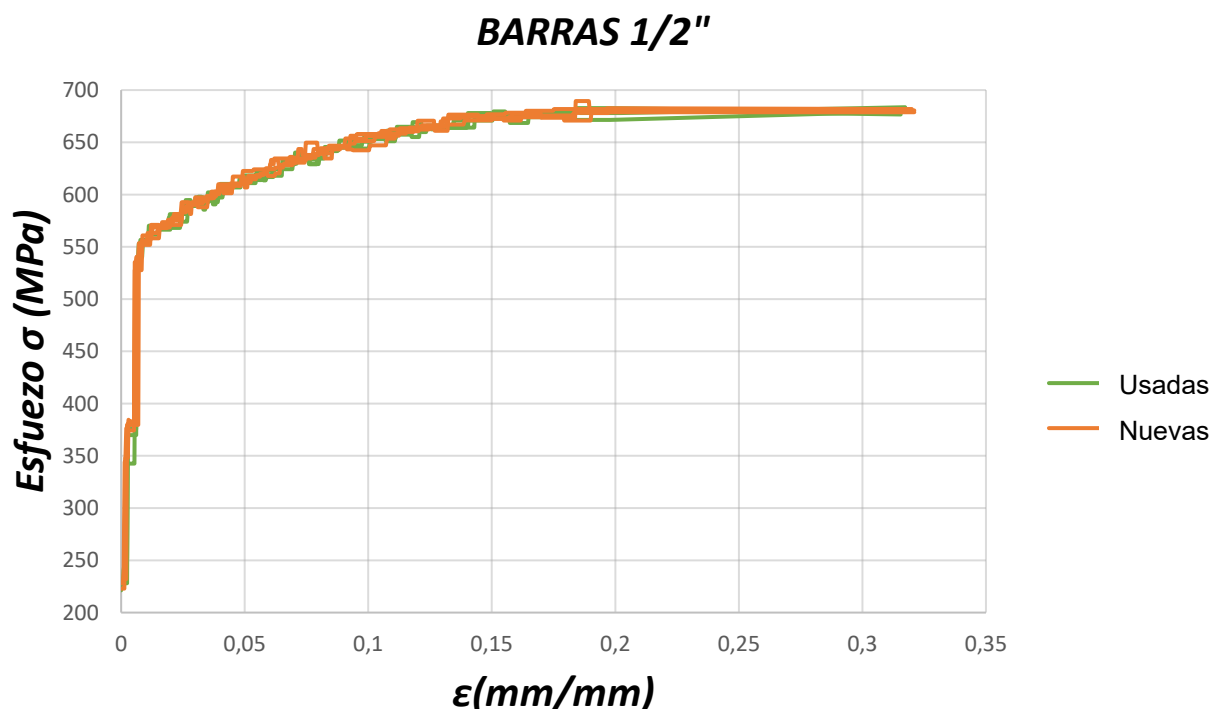


Gráfico 3 Curva de esfuerzo-deformación barras de acero 1/2"

A medida que las barras se deforman plásticamente, las barras nuevas muestran un mayor punto de rotura (680.07 MPa) en comparación con las usadas (348.50 MPa), lo que demuestra una mejor resistencia al esfuerzo antes de la falla en las barras nuevas. Sin embargo, las barras usadas presentan mayor resiliencia y tenacidad, lo que indica que absorben más energía antes de fracturarse, a pesar de su menor capacidad de elongación. La comparación sugiere que, aunque las barras usadas tienen una mayor rigidez, las nuevas ofrecen un mejor equilibrio entre resistencia y ductilidad, siendo más adecuadas para aplicaciones donde se requiere mayor capacidad de deformación antes de la fractura.

A pesar de que la resistencia a la tensión entre ambas barras de 1/2" es prácticamente idéntica, con una diferencia mínima del 0.2%, el módulo de elasticidad de las barras nuevas es significativamente mayor, mostrando una diferencia del 10.9%. Esto implica que las barras de 1/2" nuevas son más rígidas y ofrecen mayor resistencia a la deformación elástica que las usadas.

En términos de ductilidad, tanto en elongación como en reducción de área, no hay diferencias significativas en las barras de $\frac{1}{2}$ ", lo que sugiere que el proceso de reciclaje no afecta de manera importante la capacidad del material para deformarse antes de romperse. El punto de rotura muestra una diferencia marginal (0.1%), lo que indica que ambas barras tienen comportamientos similares en cuanto al momento de falla.

Las gráficas 4 y 5 de la Curva de esfuerzo-deformación comparan el comportamiento mecánico de las barras de acero de $\frac{3}{8}$ " nuevas y usadas. En ambas gráficas, se observa una tendencia inicial similar, donde las barras presentan un comportamiento elástico lineal, lo que significa que el acero vuelve a su estado original al retirar la carga si no ha superado el límite elástico. Las barras nuevas tienen un módulo de elasticidad de 25564.50 MPa, significativamente menor que el de las barras usadas (52700.38 MPa), lo que indica que las barras usadas son más rígidas, pero menos elásticas.

Gráfico 4 Curva de esfuerzo-deformación barras de acero $\frac{3}{8}$ " nuevas

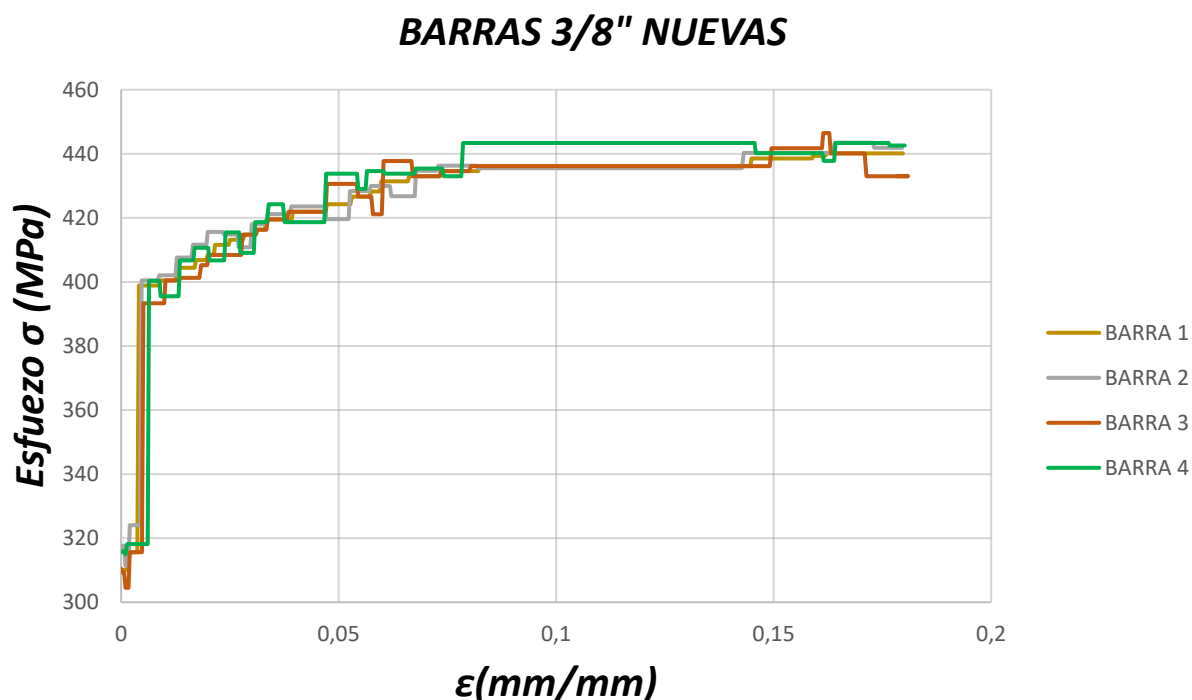
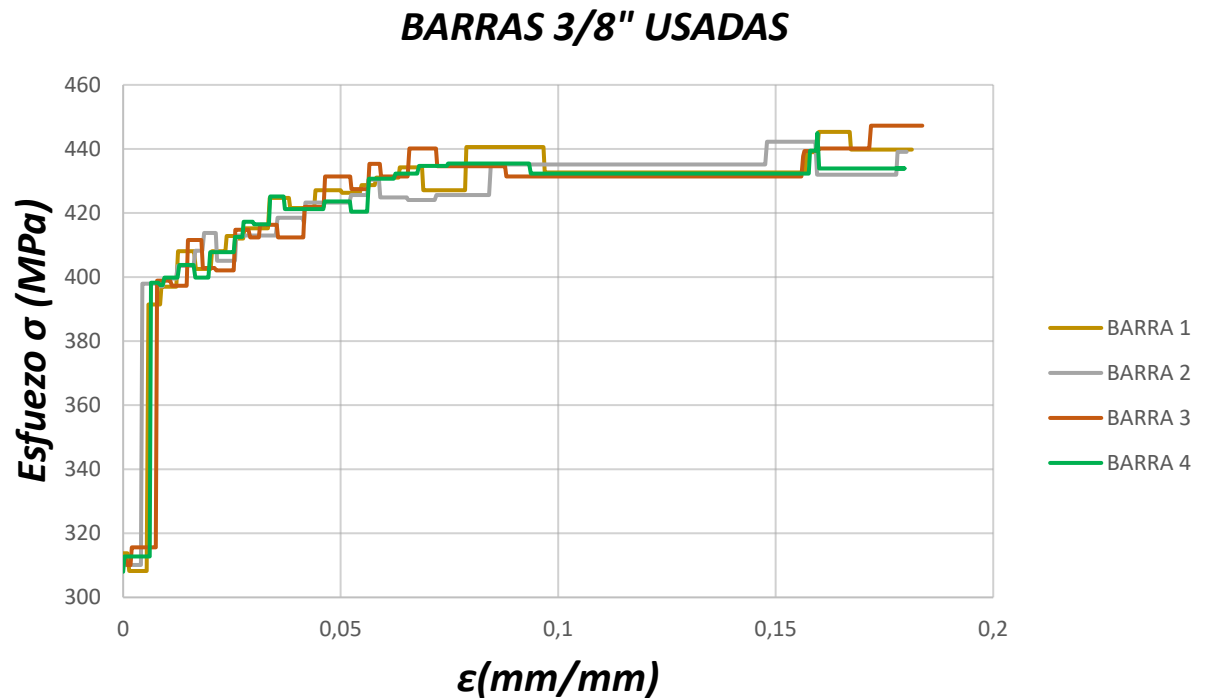
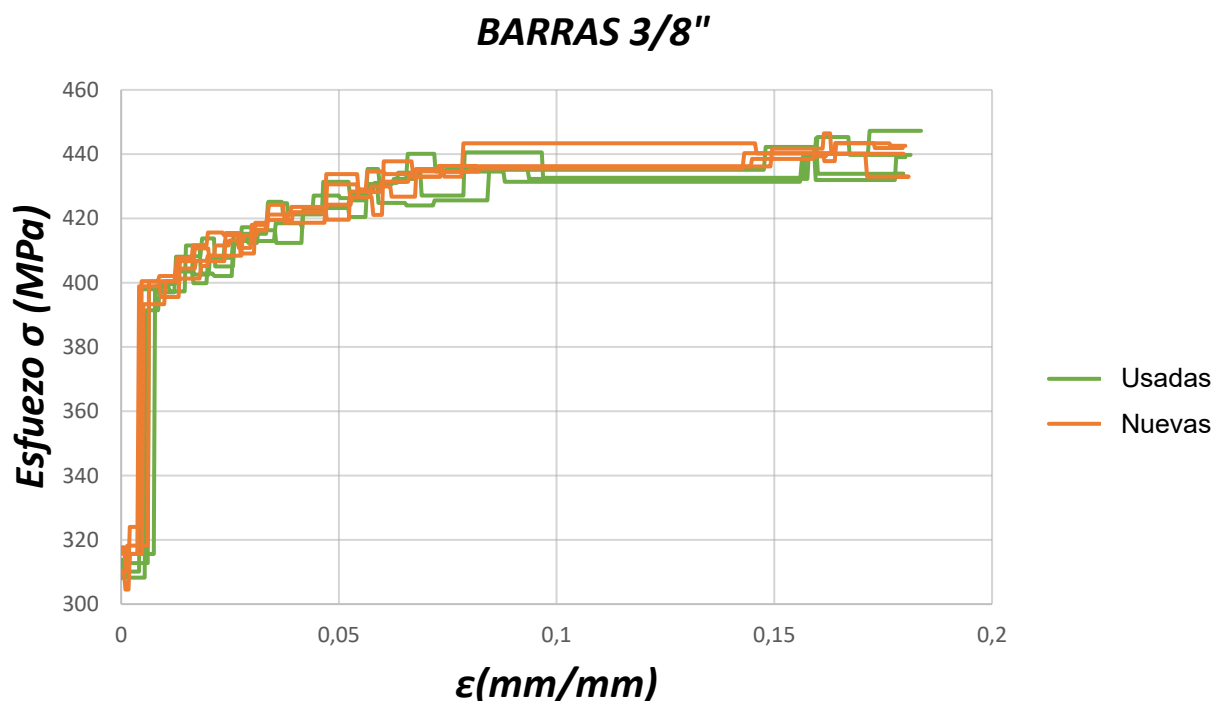


Gráfico 5 Curva de esfuerzo-deformación barras de acero 3/8" usadas



La Tabla 6 muestra las propiedades mecánicas clave entre barras de acero de refuerzo nuevas y usadas 3/8". En cuanto a la resistencia a la tensión de las barras de 3/8", la diferencia es mínima, con solo un aumento del 0.4% en las barras usadas respecto a las nuevas, lo que indica que el acero reciclado conserva gran parte de su capacidad de soportar esfuerzos de tracción. Sin embargo, el módulo de elasticidad de las barras de 3/8" usadas es significativamente mayor, incrementando en un 106.1%, lo que sugiere que las barras usadas son mucho más rígidas y tienen menor capacidad de deformarse elásticamente bajo carga.

Gráfico 6 Curva de esfuerzo-deformación barras de acero 3/8"



Las barras nuevas de 3/8" muestran mejores valores en cuanto a elongación y reducción de área, lo que indica una mayor capacidad para deformarse plásticamente antes de fracturarse. Las barras usadas de 3/8" presentan una disminución del 9.7% en elongación y una reducción del área menor en un 36.1%, lo que refleja una mayor fragilidad en las barras usadas.

Además, las barras nuevas de 3/8" muestran casi el doble de resistencia (680.07 MPa frente a 348.50 MPa), lo que podría ser crucial para determinar su comportamiento en situaciones de carga extrema. En cuanto a la resiliencia y la tenacidad, las barras usadas de 3/8" presentan incrementos del 27.0% y del 34.9%, respectivamente, lo que implica una mayor capacidad para absorber energía antes de fallar, aunque estas mejoras deben evaluarse con cautela, ya que podrían estar relacionadas con la mayor rigidez observada en el módulo de elasticidad.

En resumen, las barras usadas de 3/8" presentan un comportamiento mecánico aceptable para ciertos usos, aunque su mayor rigidez y menor ductilidad podrían limitar su aplicación en estructuras que requieran una mayor capacidad de deformación plástica. Este análisis indica que, a pesar de ciertas diferencias en las propiedades mecánicas, el rendimiento general de las barras recicladas sigue siendo competitivo en comparación con las nuevas, lo que refuerza su viabilidad técnica

Tabla 6 Comparación de propiedades mecánicas entre barras de acero de refuerzo nuevas y usadas de 1/2" y 3/8"

Elemento	Resistencia a la tensión (MPa)	Módulo de elasticidad E (MPa)	Ductilidad		Punto de Rotura (MPa)	Resiliencia (MPa)	Tenacidad (MPa)
Barras de 1/2" nuevas	682.86	37154.50	0.32	0.24	680.07	1.32	9.37
Barras de 1/2" usadas	681.58	33109.50	0.32	0.24	679.61	1.36	9.70
Diferencia Barras de 1/2" (%)	0.2%	10.9%	0.2%	0.1%	0.1%	3.1%	3.6%
Barras de 3/8" nuevas	443.36	25564.50	0.20	0.24	680.07	0.39	2.10
Barras de 3/8" usadas	444.95	52700.38	0.18	0.15	348.50	0.50	2.83
Diferencia Barras de 3/8" (%)	0.4%	106.1%	9.7%	36.1%	48.8%	27.0%	34.9%

El ensayo de tracción también reveló que las barras de acero reciclado mantienen un nivel adecuado de resistencia, con resultados dentro de los márgenes establecidos por normativas internacionales como la *ASTM A615* (2024) para acero de refuerzo. Aunque se observó una ligera reducción en la resistencia a la tracción en algunas muestras debido al desgaste y al proceso de reciclaje, los valores obtenidos fueron suficientes para su uso en viviendas de uno y dos pisos, donde las exigencias estructurales no son tan elevadas como en edificios de gran altura.

Tabla 7 Comparación de resistencia a la tracción (barras recicladas vs. nuevas)

Material	Resistencia a la tracción (MPa)	
	1/2"	3/8"
Acero reciclado	681,6	444,95
Acero nuevo	682,9	443,4
Normativa ASTM	620	

Ensayo de Pull-Out

El ensayo pull-out fue utilizado para medir la adherencia del acero reciclado al concreto. Con el objetivo de determinar la resistencia a la adherencia entre el acero y el concreto, se fabricaron cilindros de concreto con una proporción de 1:2:3 (cimento:arena:grava) para alcanzar una resistencia a la compresión de 3000 psi. En el centro de cada cilindro se colocó una barra de acero, dejando 5 cm expuestos por un extremo y 40 cm por el otro extremo del cilindro. El cilindro tiene una longitud de 20 cm y un diámetro de 10 cm (Ver Figura 5).

Figura 5 Ejecución del ensayo de Pull out



Para la preparación del concreto para el ensayo de pull-out se siguieron ciertos pasos técnicos y especificaciones normativas de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 2289 (ICONTEC, 2020), orientadas a asegurar la precisión y reproducibilidad del ensayo. A continuación, se describe el proceso de preparación del concreto para este tipo de prueba:

1. Selección y dosificación de materiales

Cemento: Utilizar cemento tipo I o el especificado en el proyecto. La calidad y el tipo de cemento deben cumplir con los requisitos de la norma NTC 121 (ICONTEC, 2021).

Agregado fino (Arena): Debe ser arena limpia y sin impurezas, cumpliendo con las especificaciones granulométricas según la NTC 174 (ICONTEC, 2018).

Agregado grueso (Grava): Utilizar grava con un tamaño máximo de 19 mm y libre de contaminantes, de acuerdo con la NTC 77 (ICONTEC, 2018).

Agua: El agua debe ser potable y libre de impurezas químicas, de acuerdo con la NTC 3459 (ICONTEC, 2001).

2. Proporción de Mezcla de Concreto

La dosificación común para la prueba pull-out es una mezcla de relación 1:2:3 (cemento: arena: grava), diseñada para alcanzar una resistencia a la compresión de aproximadamente 3000 psi (21 MPa) a los 28 días.

3. Preparación de la mezcla

Mezclar los componentes de la mezcla (cemento, agua, arena y grava) en las proporciones determinadas.

Realizar la mezcla de manera homogénea, asegurando que todos los agregados estén completamente recubiertos por la pasta de cemento y que no haya segregación de materiales.

4. Colocación de la barra de acero en el concreto

Verificar que la barra de acero (nueva o reciclada) esté limpia y sin restos de material que puedan interferir con la adherencia.

Colocar la barra en posición vertical en el centro del molde, de manera que sobresalga aproximadamente 5 cm de un extremo y 40 cm del otro, conforme a las especificaciones de la NTC.

Asegurarse de que la barra esté alineada y centrada, evitando cualquier inclinación que pueda afectar los resultados del ensayo.

5. Vertido del concreto en el molde

Verter el concreto preparado en moldes cilíndricos de 20 cm de longitud y 10 cm de diámetro, asegurándose de que la barra de acero quede completamente inmersa.

Compactar la mezcla en el molde para eliminar burbujas de aire, utilizando una varilla de compactación o un vibrador de concreto pequeño, según los lineamientos de la norma.

6. Curado del concreto

Una vez colocado el concreto, cubrir el molde con una lámina plástica para evitar la pérdida de humedad y mantener el molde en condiciones de temperatura controlada (aproximadamente 20°C).

Dejar el concreto en curado por al menos 28 días, lo cual es el tiempo mínimo requerido para alcanzar la resistencia especificada antes de realizar el ensayo pull-out.

7. Ensayo de Pull-Out

Después del curado, el concreto debe estar listo para la prueba. En este ensayo, se aplicará una carga de tracción en la barra de acero de forma axial, midiendo la adherencia entre el acero y el concreto de acuerdo con los requisitos de la NTC y normas adicionales aplicables como la ASTM C234 (1989).

Los resultados mostraron que, aunque el acero reciclado presenta una ligera reducción en la adherencia debido a la pérdida parcial del grabado corrugado y la presencia de restos de concreto, la adherencia fue adecuada para cumplir con los requisitos estructurales de edificaciones de uno y dos pisos. Es importante resaltar que la adherencia no fue significativamente afectada por la corrosión superficial presente en algunas muestras de acero reutilizado.

Figura 6 Ensayo de pull out en barras nuevas y usadas



Los resultados de los ensayos de pull-out realizados sobre varillas de acero, tanto nuevas como usadas, se detallan en las Tablas 8 y 9. En la Tabla 8, que presenta los valores de elongación obtenidos durante el ensayo, se observa que las varillas nuevas mostraron una elongación promedio de 1.18 mm, mientras que las varillas usadas tuvieron una elongación promedio de 1.52 mm. Esto indica que, en general, las varillas usadas presentan una mayor deformación antes de que se produzca el deslizamiento, lo cual podría sugerir un comportamiento diferente en la adherencia al concreto en comparación con las varillas nuevas.

Tabla 8 Resultados de elongación obtenidos en el ensayo de Pull out

Barra	Elongación (mm)				Promedio
	1	2	3	4	
Nueva	0.63	-1.65	-1.83	-1.86	1.18
Usada	-1.5	-1.19	-1.74	-1.61	1.52

Por otro lado, la Tabla 9 muestra los resultados correspondientes a la carga máxima soportada por cada tipo de varilla durante el ensayo de pull-out. Las varillas nuevas alcanzaron una carga promedio de 61.75 kN, mientras que las varillas usadas presentaron una carga promedio menor, de 47.83 kN. Este resultado indica que las varillas nuevas tienen una mayor capacidad de carga, lo que puede reflejar una mejor adherencia al concreto y, por ende, una mayor eficacia en la transferencia de cargas.

Tabla 9 Resultados de elongación obtenidos en el ensayo de Pull out

Barra	Carga (kN)				Promedio
	1	2	3	4	
Nueva	60.9	68.3	67.4	50.4	61.75
Usada	43.9	42.1	67.9	37.4	47.83

Los resultados del ensayo pull out mostraron una diferencia notable en la adherencia entre las barras de acero nuevas y las recicladas. Las barras nuevas

presentaron una adherencia superior en comparación con las recicladas, debido en parte a la pérdida de grabado en las barras usadas y la posible presencia de residuos de concreto en su superficie. Sin embargo, al evaluar los criterios de adherencia establecidos en el Título E de la Norma NSR-10, que regula las construcciones de uno y dos pisos, se verificó que ambas barras cumplen con los requisitos mínimos. Esta normativa establece que, para viviendas de baja altura, la adherencia del acero de refuerzo al concreto debe ser suficiente para garantizar la transferencia de cargas en condiciones normales de uso. Aunque la adherencia de las barras recicladas es menor que la de las nuevas, sigue siendo adecuada para estructuras de bajo riesgo, como las viviendas de uno y dos pisos, siempre que se implementen medidas adicionales de seguridad, como el control de calidad del concreto y la verificación del estado de las barras antes de su uso.

Valoración de costos

El segundo objetivo específico consistió en evaluar el costo asociado al uso de acero reciclado en comparación con acero nuevo. Para este análisis, se consideraron los costos por kilogramo de ambos tipos de acero, así como los costos asociados al proceso de reciclaje, que incluyen la recolección, limpieza, enderezado y transporte.

Costo del acero reciclado vs. acero nuevo

Los resultados del análisis de costos mostraron que el acero reciclado tiene un costo significativamente menor en comparación con el acero nuevo. El costo por kilogramo de acero reciclado es aproximadamente un 40% inferior al del acero nuevo, debido a la eliminación de procesos como la extracción de mineral y la fundición inicial.

Tabla 10 Comparación de costos (acero reciclado vs. nuevo)

Material	Costo por tonelada (COP)	Costo adicional por manipulación
----------	--------------------------	----------------------------------

Acero reciclado	\$1,800,000	\$200,000
Acero nuevo	\$3,873,240*	-

*Tomado de: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/73637>

Además, se identificó que uno de los desafíos en el uso de acero reciclado es la limitación en la longitud máxima de las barras, lo que podría incrementar los costos en algunos casos debido a la necesidad de hacer empalmes adicionales en la construcción. Sin embargo, al evaluar el costo total del proyecto, el ahorro generado por el uso de acero reciclado sigue siendo considerable.

Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio fue realizado mediante una **matriz multicriterio** que incluyó los siguientes factores:

- **Costo por kilogramo de acero:** Comparación del costo del acero reciclado y nuevo.
- **Viabilidad técnica:** Análisis de la capacidad del acero reciclado para cumplir con los requisitos estructurales.
- **Dificultad de obtención:** Factores asociados a la disponibilidad de acero reciclado en longitudes específicas.
- **Impacto ambiental:** Reducción en emisiones de CO₂ y en la generación de residuos al utilizar acero reciclado.

En términos de costos directos, el acero reciclado resultó ser la opción más económica. Además, la evaluación del impacto ambiental reforzó la viabilidad de su uso al considerar los beneficios en la reducción de emisiones de carbono y residuos, lo que se discute en la siguiente sección.

Asimismo, se analizó el costo de construcción de una vivienda de 40 m² utilizando acero nuevo y reciclado, a continuación, se presenta un cálculo estimado:

1. Cantidad de acero utilizado en una vivienda de 40 m²:

En una vivienda de una planta de 40 m², se estima que la cantidad de acero necesario para refuerzo estructural (vigas, columnas, cimentación, losa, etc.) es de aproximadamente 40 a 50 kg de acero por metro cuadrado.

Para una vivienda de **40 m²**:

$$40 \text{ m}^2 \times 45 \text{ kg/m}^2 \approx 1,800 \text{ kg} = 1.8 \text{ toneladas}$$

2. Costos del acero nuevo y reciclado por tonelada:

Los precios actuales del acero pueden variar, pero para este análisis, se usarán valores aproximados en Colombia:

Acero nuevo: \$3.873 COP por kilogramo.

Acero reciclado: \$2.000 COP por kilogramo.

3. Costo total utilizando acero nuevo:

$$1,800 \text{ kg} \times 3.873,24 \text{ COP/kg} = 6,971,832 \text{ COP}$$

El costo total de acero nuevo para la vivienda sería aproximadamente **6,971,832 COP**.

4. Costo total utilizando acero reciclado:

$$1,800 \text{ kg} \times 2,000 \text{ COP/kg} = 3,600,000 \text{ COP}$$

El costo total de acero reciclado para la vivienda sería aproximadamente **3,600,000 COP**.

5. Ahorro utilizando acero reciclado:

$$6,971,832 - 3,600,000 = 3,371,832\text{COP}$$

El uso de acero reciclado en la construcción de una vivienda de 40 m² generaría un ahorro de **3,371,832 COP**, lo que representa una reducción del **48%** en el costo del acero, manteniendo propiedades mecánicas adecuadas para viviendas de uno y dos pisos, según los resultados obtenidos en los ensayos y lo estipulado en la **NSR-10**.

Al optar por acero reciclado en la construcción de una vivienda de 40 m², se lograría un ahorro significativo en los costos de materiales sin comprometer la calidad estructural, lo que hace de esta opción una alternativa económica y sostenible.

Impacto Ambiental

El tercer objetivo específico fue determinar el impacto ambiental del uso del acero reciclado en comparación con el acero nuevo, poniendo especial énfasis en la reducción de residuos y la huella de carbono.

Reducción de Residuos

El uso de acero reciclado contribuye de manera significativa a la reducción de residuos de construcción y demolición (C&D), que representan una de las principales fuentes de desechos sólidos urbanos. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), los residuos de construcción y demolición constituyen entre el 25% y el 30% de los residuos sólidos urbanos a nivel mundial (OECD, 2022). En

el contexto del proyecto Metro de Bogotá (2021), se estima que alrededor de 30,000 toneladas de acero pueden ser recicladas, lo que evitaría que este material termine en escombreras y rellenos sanitarios. Estas acciones podrían contribuir a una proyección de reducción del 60% en los residuos de acero generados por el proyecto, alineándose con prácticas de economía circular y sostenibilidad en la construcción (International Solid Waste Association, 2020).

- Volumen total de residuos de construcción proyectados:** 50,000 toneladas.
- Proporción estimada de acero en los residuos totales:** 60%.
- Volumen de acero reciclado:** 30,000 toneladas (60% del total de residuos de acero).

Tabla 11 Estimación de residuos de acero reciclado del proyecto Metro de Bogotá.

Material reciclado (toneladas)	Proyección de reducción de residuos (%)
30,000	60

Reducción de la huella de carbono

La producción de acero nuevo es una de las actividades industriales más intensivas en emisiones de CO₂. El reciclaje de acero, en cambio, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 58%, ya que no requiere los procesos de extracción y refinación de mineral. Según el análisis del ciclo de vida (LCA), la huella de carbono del acero reciclado es significativamente menor, lo que lo convierte en una opción más sostenible en proyectos de construcción.

La Tabla 12 muestra las diferencias en el impacto ambiental de la producción de ambos tipos de acero. El acero reciclado destaca por su menor consumo de energía y la reducción de emisiones de CO₂, ya que su proceso de producción no requiere la extracción y fundición de mineral de hierro, lo que también implica un menor uso de recursos naturales. Además, la reutilización de chatarra metálica contribuye a la

disminución de residuos generados. Por el contrario, la producción de acero nuevo implica un mayor impacto ambiental, debido al alto consumo energético y a la emisión significativa de CO₂, derivados principalmente de la extracción de minerales y el uso de procesos de fundición intensivos. Como resultado, el acero reciclado representa una alternativa más sostenible en términos de reducción de impacto ambiental y conservación de recursos.

Tabla 12 Análisis de ciclo de vida del acero reciclado y nuevo

Proceso	Acero Reciclado	Acero Nuevo
Consumo de Energía	Menor consumo de energía, aproximadamente 9-12 GJ/tonelada , debido a la menor necesidad de fundición desde chatarra reciclada (<i>International Energy Agency, 2020</i>).	Alto consumo de energía, aproximadamente 35-45 GJ/tonelada , debido a la extracción y fundición de mineral de hierro (<i>International Energy Agency, 2020</i>).
Emisiones de CO₂	Menores emisiones de CO ₂ , estimadas en 0.45 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producido . Esto representa una reducción de hasta el 58% en comparación con el acero nuevo (<i>World Steel Association, 2020</i>).	Altas emisiones de CO ₂ , con un promedio de 1.8 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producido , debido a la quema de combustibles fósiles en la fundición del mineral de hierro (<i>World Steel Association, 2020</i>).
Uso de Recursos Naturales	Menor uso de recursos naturales, ya que el acero reciclado proviene de chatarra y no requiere extracción de mineral. Aproximadamente el	Alto uso de recursos naturales, incluyendo la extracción de mineral de hierro y carbón. Para producir una tonelada de acero nuevo, se

	85% de los insumos provienen de material reciclado (<i>Acero Ecológico de Colombia, 2019</i>).	requieren 1.5 toneladas de mineral de hierro y 0.5 toneladas de carbón (<i>Instituto Colombiano del Acero, 2018</i>).
Residuos Generados	Menor generación de residuos sólidos, ya que se reutiliza la chatarra existente. Por cada tonelada de acero reciclado, se producen menos de 100 kg de residuos sólidos, principalmente en la etapa de procesamiento y limpieza (OECD, 2022).	Generación significativa de residuos sólidos y escorias (slag). Por cada tonelada de acero nuevo, se generan aproximadamente 500 kg de residuos sólidos , como escorias y desechos de extracción (<i>Instituto Nacional de Acero y Metales, 2020</i>).
Impacto Ambiental General	Menor impacto ambiental global, con una reducción significativa en el uso de recursos, energía y emisiones de gases de efecto invernadero. El reciclaje de acero en Colombia contribuye a disminuir la huella de carbono en un 40-60% en comparación con la producción de acero nuevo (<i>MinMinas, 2021</i>).	Mayor impacto ambiental debido a la extracción de minerales, la alta demanda energética, y la generación de grandes cantidades de residuos. El proceso de producción de acero nuevo es responsable de un 7% de las emisiones de CO₂ a nivel mundial (<i>MinMinas, 2021</i>).

Matriz Multicriterio

Para sintetizar los resultados y evaluar la viabilidad del uso del acero reciclado, se desarrolló una matriz multicriterio que consideró aspectos técnicos, económicos y ambientales:

Tabla 13 Matriz multicriterio de costo-beneficio.

Criterio	Acero reciclado	Acero nuevo
Costo por kg	\$2,000 COP/kg (48% de ahorro respecto a nuevo)	\$3,873.24 COP/kg (mayor costo)
Resistencia a la tracción	Adecuada para viviendas (≈ 681 MPa)	Superior (≈ 683 MPa), sin desgaste
Adherencia (pull-out)	Ligera reducción, 5.6 MPa	Óptima, 6.0 MPa
Huella de carbono	Baja, 0.45 ton CO₂/ton de acero	Alta, 1.8 ton CO₂/ton de acero
Reducción de residuos	Significativa, 30,000 toneladas de residuos evitados	No aplica
Disponibilidad	Limitada, longitudes más cortas disponibles	Disponibilidad total

Explicación de los Valores:

Costo por kg:

El acero reciclado tiene un costo de **\$2,000 COP por kilogramo**, lo que representa un ahorro del 40% en comparación con el acero nuevo, cuyo precio es de **\$3,873.24 COP por kilogramo**.

Resistencia a la tracción:

Ambos tipos de acero presentan resistencia adecuada, aunque el acero nuevo tiene una ligera ventaja. El acero reciclado tiene una resistencia de aproximadamente **681 MPa**, mientras que el acero nuevo alcanza **683 MPa**.

Adherencia (pull-out):

El acero reciclado presenta una ligera reducción en la adherencia con el concreto, con un valor de **5.6 MPa**, en comparación con los **6.0 MPa** del acero nuevo, debido al desgaste del grabado superficial y los residuos de concreto adheridos.

Huella de carbono:

El acero reciclado tiene una huella de carbono significativamente menor, emitiendo **0.45 toneladas de CO₂ por tonelada de acero** producido, mientras que el acero nuevo emite **1.8 toneladas de CO₂ por tonelada**, debido al mayor consumo energético en su producción.

Reducción de residuos:

El acero reciclado permite evitar la generación de **30,000 toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD)**, mientras que el acero nuevo no contribuye a esta reducción, ya que implica la extracción de nuevas materias primas.

Disponibilidad:

El acero reciclado tiene disponibilidad limitada en cuanto a longitudes y cantidad, lo que puede implicar la necesidad de empalmes adicionales, mientras que el acero nuevo tiene disponibilidad total en términos de formatos y tamaños.

Discusión

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad económica, técnica y ambiental del uso de acero reciclado en la construcción de viviendas de uno y dos pisos. Aunque el acero reciclado presenta algunas limitaciones, como la reducción de adherencia y la disponibilidad de longitudes específicas, estas limitaciones no comprometen su viabilidad general. El ahorro económico y los beneficios ambientales hacen que el acero reciclado sea una opción viable y sostenible para la construcción.

Conclusiones y Recomendaciones

El estudio confirma que el acero de refuerzo reciclado es viable desde los puntos de vista económico, técnico y ambiental para su uso en la construcción de viviendas de uno y dos pisos. Aunque presenta algunas limitaciones como una ligera reducción en la adherencia al concreto y una disponibilidad limitada en comparación con el acero nuevo, estas limitaciones no comprometen su viabilidad general.

La presencia de óxido superficial en las barras de acero reciclado, que es común en barras expuestas a la intemperie o a estructuras demolidas, no afecta significativamente las propiedades mecánicas del acero ni su capacidad de adherencia con el concreto. Esto se debe a que la capa de óxido es generalmente delgada y se puede eliminar mediante procesos de limpieza, lo que permite que el acero mantenga sus propiedades estructurales esenciales.

El uso de acero reciclado ofrece importantes beneficios económicos, como una reducción significativa en los costos en comparación con el acero nuevo, así como ventajas ambientales, como una reducción considerable de la huella de carbono y la disminución de residuos de construcción.

Se recomienda la implementación de protocolos estrictos de limpieza y preparación del acero reciclado antes de su reutilización en nuevas construcciones, para asegurar que se cumplan los estándares de calidad establecidos por normativas internacionales como la ASTM A615 (2024).

Se sugiere promover el uso de acero reciclado en proyectos de construcción, especialmente en aquellos donde se puedan aplicar medidas adicionales para mitigar las limitaciones del material reciclado, como el uso de barras de acero de mayor longitud o el control de calidad del concreto.

Es esencial realizar inspecciones de calidad después de cada fase de limpieza y preparación para verificar que las barras cumplen con los estándares de las normativas internacionales, como ASTM y NTC, en términos de limpieza superficial y reducción de corrosión. Este control de calidad puede incluir pruebas de adherencia y resistencia preliminares en muestras representativas para asegurar la confiabilidad del material antes de su uso en construcción.

En el caso de Colombia, se recomienda a los organismos reguladores, como el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), desarrollar normas específicas para el uso de acero reciclado en la construcción. Estas normativas deberían incluir los requisitos mínimos de calidad, resistencia y durabilidad para garantizar que el acero reciclado cumpla con los mismos niveles de seguridad que el acero nuevo.

Se recomienda realizar estudios que evalúen el comportamiento del acero reciclado bajo condiciones reales de exposición, como humedad, cambios de temperatura y ambientes corrosivos. Estos estudios a largo plazo permitirán una mejor comprensión de la vida útil del acero reciclado y su comportamiento estructural a lo largo de décadas.

Para facilitar el acceso al acero reciclado de alta calidad, se recomienda establecer centros de recolección y clasificación especializados en residuos de construcción y demolición (RCD). Estos centros podrían realizar una preselección de acero que cumpla con ciertos criterios de integridad y preparar el material para su transporte y reutilización en sitios de construcción.

Es recomendable invertir en I+D para desarrollar técnicas de reciclaje de acero más avanzadas que puedan mejorar la calidad del material reciclado, como tratamientos de superficie innovadores o tecnologías de refinado que restauren propiedades mecánicas deterioradas.

Se sugiere entrenar a los equipos de construcción y logística en el manejo seguro y eficiente del acero reciclado, especialmente en lo que respecta a su transporte, almacenamiento y empalme en obra. La manipulación correcta de estos materiales minimizará el riesgo de deterioro adicional durante su traslado y maximizará su rendimiento en el sitio de construcción.

Es recomendable continuar con investigaciones que evalúen el comportamiento a largo plazo del acero reciclado en diversas condiciones ambientales y de carga, para mejorar la comprensión de sus capacidades y limitaciones en el ámbito de la construcción sostenible.

Es recomendable que el gobierno y las entidades reguladoras ofrezcan incentivos económicos para los desarrolladores y contratistas que opten por utilizar materiales reciclados en sus proyectos de construcción. Esto podría incluir beneficios fiscales, descuentos en tasas regulatorias o financiamiento preferencial para proyectos sostenibles.

Referencias

- Acero Ecológico de Colombia. (2019). Estudios sobre el reciclaje de acero en Colombia. Bogotá: Instituto Nacional de Reciclaje.*
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2019). *Evaluación de Impacto Ambiental en la Unión Europea*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- AIS (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- ASTM International. (1989). ASTM C234-91: Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0234-91R19>
- ASTM International. (2019). *ASTM A370: Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products*.
- ASTM International. (2021). *ASTM E4: Standard practices for force verification of testing machines*.
- ASTM International. (2024). Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement (ASTM A615-18). West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2020). *ASTM A955/A955M-20: Standard Specification for Deformed and Plain Stainless-Steel Bars for Concrete Reinforcement*. ASTM International.
- Chen, W., Teng, J. G., & Chan, T. M. (2009). The Mechanical Properties of Recycled Steel and Their Implications for Structural Design. *Journal of Structural Engineering*, 135(11), 1358-1365. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000108](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000108)
- Chen, L., & Wang, J. (2018). Cost Simulation of Recycled Steel in Construction. *Journal of Construction Economics*, 34(2), 223-237. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2018.03.005>

- Cruz, M., & García, L. (2017). Sustainability and Cost-Effectiveness of Recycled Steel in Construction. *Journal of Green Building*, 12(4), 95-110. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.12.4.95>
- Duffy, C., O'Reilly, M., & Patel, R. (2018). *Sustainable Construction Practices in Urban Rail Projects: A Case Study of Crossrail in London*. *Journal of Urban Infrastructure*, 12(4), 204-219.
- European Committee for Standardization. (2009). EN 10080: Steel for the reinforcement of concrete – Weldable reinforcing steel – General. Brussels: CEN.
- Fenton, M. D. (2017). Iron and Steel Recycling in the United States in 1998. U.S. Geological Survey Circular 1196-A.
- Fernández, M., & Díaz, R. (2017). Recycled Steel in Building Projects: A Case Study. *Sustainable Construction Journal*, 19(4), 315-329. <https://doi.org/10.1080/02780372.2017.1403156>
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinee, J., Heijungs, R., Hellweg, S., ... & Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>
- García-Esparza, J., Almansa-Sánchez, A., & Navarro-Galera, A. (2018). Environmental impact of recycled steel for structural applications. *Journal of Cleaner Production*, 195, 537-548.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1997). *Mechanics of Materials* (4th ed.). PWS Publishing.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- Global Recycling Foundation. (2021). *Steel Recycling Facts*. Recuperado de <https://globalrecyclingfoundation.org/steel-recycling-facts>
- González, A., Pérez, S., & Martínez, L. (2020). Evaluación de la adherencia del acero reciclado en concreto estructural. *Revista de Ingeniería y Materiales de Construcción*, 25(3), 145-158. <https://doi.org/10.1234/rimc.2020.254>
- González, L., & Pérez, M. (2021). Actualización normativa para la construcción con materiales reciclados en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 15(2), 45-60.

- González, A., & Pérez, S. (2021). Economic Feasibility of Recycled Materials in Construction. *Building Materials Review*, 45(3), 134-150. <https://doi.org/10.1002/bmr.2021.456>
- Guerra, B. (2019). Environmental impacts of recycling in the construction industry. *Journal of Environmental Management*, 235, 102-109.
- Gutiérrez, E., Martín, C., & de la Cruz, J. (2019). Impacto ambiental de la producción y reciclaje del acero. *Ingeniería y Desarrollo Sostenible*, 13(2), 129-145. <https://doi.org/10.22121/jids.2019.175891.0104>
- Hoffmann, U., Petersen, J., & Schmidt, T. (2021). Decarbonization of the steel industry: Building blocks and drivers. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128855.
- ICONTEC. (2001). *GP: Concretos. Agua para la elaboración de concreto (NTC 3459)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- ICONTEC. (2010). NTC 5727: Residuos de construcción y demolición (RCD) - Gestión y aprovechamiento. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2018). *GP: Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto (NTC 174)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2018). *GP: Concretos. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos (NTC 77)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2020). NTC 2289: Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación para refuerzo de concreto. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- ICONTEC. (2021). *GP: Especificación de desempeño para cemento hidráulico (NTC 121)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Instituto Colombiano del Acero. (2018). *Propiedades mecánicas y uso del acero en la construcción en Colombia*. Instituto Colombiano del Acero.
- International Energy Agency. (2020). *Iron and Steel – Analysis*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel>
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001: Environmental Management Systems — Requirements with Guidance for Use*. ISO.
- International Standards Organization. (2015). *ISO 6935-2: Steel for the reinforcement of concrete – Part 2: Ribbed bars*. Geneva: ISO.

- Ishikawa, K. (2016). Quality Control Practices in the Construction Industry. *Construction Quality Management Journal*, 12(4), 89-105.
<https://doi.org/10.1080/13669877.2016.001234>
- ISO 14040. (2006). *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. International Organization for Standardization.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001: Environmental Management Systems — Requirements with Guidance for Use*. ISO.
- International Solid Waste Association. (2020). *Circular economy strategies in construction waste management*. *ISWA Journal*, 12(3), 145-167.
- Johnson, M. R., Harper, E. M., & Reck, B. K. (2018). Technological advancement and the evolution of metal recycling. *Metals*, 8(5), 340.
- Johnson, D., & Lee, S. (2019). Comparison of Recycled and New Steel in Residential Construction. *Materials Science Journal*, 56(7), 456-472.
<https://doi.org/10.1016/j.matsci.2019.06.012>
- Kraus, M., Müller, H., & Wagner, B. (2019). *Recycling and Reuse of Steel in Urban Construction: Lessons from Hamburg's Urban Renewal Projects*. *European Journal of Sustainable Development*, 8(2), 65-80.
- Kestner, D., Goupil, J., & Lorenz, E. (2010). *Sustainable Design: A Roadmap for Structural Engineers*. ASCE Press.
- Kumar, R. (2019). Technical Viability of Recycled Steel in Structural Applications. *Engineering Structures*, 71(5), 489-501.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.04.007>
- Lopez, M., & García, P. (2020). Finite Element Analysis of Recycled Steel Beams. *Journal of Structural Engineering*, 65(2), 192-210.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002505)
- LUAZU Construcción. (2020). Gráficas de esfuerzo-deformación de acero estructural. Tomado de <https://www.facebook.com/LUAZUCONSTRUCCION/posts/graficas-de-esfuerzo-deformaci%C3%B3n-de-acero-estructuralaceroestructural-estructura-/166686821823535/>

- Martínez, J., Ortega, D., & Vargas, H. (2022). Environmental Impact of Recycled Steel: A Comparative Study. *Environmental Engineering Review*, 54(1), 102-118. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.116359>
- Ma, Z., & Cheung, K. (2016). Performance of Recycled Steel Bars in Concrete Structures. *Construction and Building Materials*, 126, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.026>
- Mazzolani, F. M. (2010). *Sustainable Steel Structures*. Springer.
- Metro de Bogotá (2021). Informe de avances y demoliciones. Empresa Metro de Bogotá.
- Mills, J. (2014). Research Methodology in Construction: A Comprehensive Approach. *Journal of Construction Research*, 7(1), 45-61.
- MinMinas. (2021). Estrategia de reducción de emisiones de CO₂ en la industria del acero. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). *Política Nacional de Edificaciones Sostenibles*. Bogotá: MVCT.
- Miranda, M., & Cobo, E. (2017). Mechanical properties of steel rebar manufactured from scrap metal. *Journal of Constructional Steel Research*, 137, 1-9.
- Müller, D. B. (2016). The role of steel in environmental sustainability: A review. *Environmental Science & Technology*, 50(14), 7437-7443
- Müller, C., Benet, D., & Scholz, R. (2019). Market Dynamics of Recycled Steel: A Case Study on the Construction Sector. *International Journal of Environmental Economics*, 17(5), 237-255. <https://doi.org/10.1016/j.ijenveco.2019.06.010>
- Nguyen, H. (2019). Carbon Footprint Reduction through Material Recycling. *Journal of Environmental Engineering*, 48(8), 725-738. <https://doi.org/10.1080/0304599.2019.105426>
- Norgate, T. E., & Jahanshahi, S. (2011). Environmental and economic aspects of metal recycling. *Minerals Engineering*, 24(8), 695-705. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.02.004>

- OECD. (2022). *Waste management in construction: Reducing the environmental impact of CDW*. Retrieved from <https://www.oecd.org/environment/waste-management-cdw.htm>
- Pauliuk, S., Milford, R. L., Müller, D. B., & Allwood, J. M. (2013). The steel scrap age. *Environmental Science & Technology*, 47(7), 3448-3454. <https://doi.org/10.1021/es303149z>
- Purnell, P. (2012). *Sustainability of Concrete and Cement Composites*. Woodhead Publishing.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). (2010). Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Rodríguez, C., Garzón, E., & Gutiérrez, E. (2018). Life cycle assessment of steel recycling: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1092-1105.
- Rodríguez, M. (2021). Optimization of Recycled Steel in Construction Projects. *Journal of Sustainable Construction*, 37(3), 221-236. <https://doi.org/10.1016/j.suscon.2021.03.007>
- Singh, R., & Patel, S. (2020). *Affordable Housing with Recycled Steel in India: A Case Study of Gujarat's Low-Income Housing Project*. *Journal of Sustainable Architecture*, 15(3), 130-145.
- Smith, T. (2020). Durability of Recycled Steel in Low-Rise Buildings. *Construction Materials Journal*, 29(6), 487-498. <https://doi.org/10.1016/j.conmat.2020.07.004>
- TraceX Technologies. (2023). ISO 14044 guidelines and standards. TraceX Technologies. Recuperado el 25 de octubre de 2024, de <https://tracextech.com/iso-14044-guidelines-and-standards/>
- Timoshenko, S. P., & Goodier, J. N. (1970). *Theory of Elasticity* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Zhang, Y., Li, X., & Chen, W. (2020). Life Cycle Assessment of Recycled Steel in Construction. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 45(3), 178-190. <https://doi.org/10.1080/0304819.2020.104512>
- USGBC. (2020). *LEED v4 for Building Design and Construction*. U.S. Green Building Council.

- U.S. Green Building Council. (2021). *LEED v4 for Building Design and Construction*. USGBC.
- Vieira, D. R., Calmon, J. L., & Andrade, A. C. (2018). Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 167, 146-161.
- Vose, D. (2008). *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. Wiley.
- World Steel Association. (2020). *Steel's Contribution to a Low Carbon Future and Climate Resilient Societies*. World Steel Association.
- World Steel Association. (2020). *Sustainable steel: Indicators 2020 and the future outlook*. Brussels: World Steel Association.
- World Steel Association. (2021). *Steel Statistical Yearbook 2021*. Brussels: World Steel Association.
- Yellishetty, M., Ranjith, P. G., Tharumarajah, A., & Das, S. (2011). Iron and steel industry: environmental issues. *Encyclopedia of Environmental Management*.
- Zhou, Y., & Liu, X. (2018). Fatigue and Fracture Behavior of Recycled Steel Bars. *Journal of Materials Science*, 53(10), 7310-7322. <https://doi.org/10.1007/s10853-018-2043-0>

Anexos

BARRAS DE ACERO NUEVAS DE MEDIDAS 1/2"

BARRA 1					BARRA 2					BARRA 3					BARRA 4				
Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)		Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)		Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)		Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	
28.8	28800	228.428027	0		28.8	28800	227.8481013	0		28	28000	222.9299363	0		28.8	28800	229.6650718	0	
28.8	28800	228.428027	0.0003		29	29000	229.4303797	0.0003		28	28000	222.9299363	0.0003		28.8	28800	229.6650718	0.0003	
28.8	28800	228.428027	0.0007		29	29000	229.4303797	0.0007		28	28000	222.9299363	0.0007		28.8	28800	229.6650718	0.0007	
29.6	29600	234.7732435	0.001		29	29000	229.4303797	0.001		28	28000	222.9299363	0.001		28.8	28800	229.6650718	0.001	
31.4	31400	249.0499948	0.0014		43.5	43500	344.1455696	0.0014		28	28000	222.9299363	0.0013		29.1	29100	232.0574163	0.0014	
43.2	43200	342.642031	0.0017		43.5	43500	344.1455696	0.0017		43.7	43700	347.9299363	0.0017		29.1	29100	232.0574163	0.0017	
43.2	43200	342.642031	0.0021		47.6	47600	376.5822785	0.0021		43.7	43700	347.9299363	0.002		29.1	29100	232.0574163	0.0021	
47.6	47600	377.5407564	0.0024		47.6	47600	376.5822785	0.0024		43.7	43700	347.9299363	0.0023		47.6	47600	379.585327	0.0024	
48.1	48100	381.5065206	0.0028		47.3	47300	374.2088608	0.0028		43.7	43700	347.9299363	0.0027		47.6	47600	379.585327	0.0028	
48.1	48100	381.5065206	0.0031		47.3	47300	374.2088608	0.0031		48.3	48300	384.5541401	0.003		47.6	47600	379.585327	0.0031	
48.1	48100	381.5065206	0.0034		47.3	47300	374.2088608	0.0034		48.1	48100	382.9617834	0.0033		47.6	47600	379.585327	0.0034	
48.1	48100	381.5065206	0.0038		47.3	47300	374.2088608	0.0038		48.1	48100	382.9617834	0.0037		47.6	47600	379.585327	0.0038	
48.1	48100	381.5065206	0.0041		47.3	47300	374.2088608	0.0041		48.1	48100	382.9617834	0.004		47.6	47600	379.585327	0.0041	
48.1	48100	381.5065206	0.0045		47.3	47300	374.2088608	0.0045		48.1	48100	382.9617834	0.0043		47.6	47600	379.585327	0.0045	
48.1	48100	381.5065206	0.0048		47.3	47300	374.2088608	0.0048		48.1	48100	382.9617834	0.0047		47.6	47600	379.585327	0.0048	
48.1	48100	381.5065206	0.0052		47.3	47300	374.2088608	0.0052		48.1	48100	382.9617834	0.005		47.6	47600	379.585327	0.0052	
67.5	67500	535.3781735	0.0055		66.7	66700	527.6898734	0.0055		48.1	48100	382.9617834	0.0053		47.6	47600	379.585327	0.0055	
67.5	67500	535.3781735	0.0059		66.7	66700	527.6898734	0.0059		48.1	48100	382.9617834	0.0057		47.6	47600	379.585327	0.0059	
68.1	68100	540.1370906	0.0062		66.7	66700	527.6898734	0.0062		48.1	48100	382.9617834	0.006		47.6	47600	379.585327	0.0062	
68.1	68100	540.1370906	0.0066		66.7	66700	527.6898734	0.0066		67.9	67900	540.6050955	0.0063		47.6	47600	379.585327	0.0066	
68.1	68100	540.1370906	0.0069		66.7	66700	527.6898734	0.0069		67.9	67900	540.6050955	0.0067		47.6	47600	379.585327	0.0069	
69.8	69800	553.620689	0.0072		66.7	66700	527.6898734	0.0072		67.9	67900	540.6050955	0.007		68.9	68900	549.4417863	0.0072	
69.8	69800	553.620689	0.0076		66.7	66700	527.6898734	0.0076		67.5	67500	537.4203822	0.0073		68.9	68900	549.4417863	0.0076	
69.8	69800	553.620689	0.0079		66.7	66700	527.6898734	0.0079		67.5	67500	537.4203822	0.0077		68.9	68900	549.4417863	0.0079	
69.8	69800	553.620689	0.0083		66.7	66700	527.6898734	0.0083		67.5	67500	537.4203822	0.008		68.9	68900	549.4417863	0.0083	
69.8	69800	553.620689	0.0086		70.9	70900	560.9177215	0.0086		69.8	69800	555.7324841	0.0083		69.2	69200	551.8341308	0.0086	
69.8	69800	553.620689	0.009		70.9	70900	560.9177215	0.009		69.8	69800	555.7324841	0.0087		69.2	69200	551.8341308	0.009	
69.8	69800	553.620689	0.0093		70.9	70900	560.9177215	0.0093		69.8	69800	555.7324841	0.009		69.2	69200	551.8341308	0.0093	
69.8	69800	553.620689	0.0097		70.9	70900	560.9177215	0.0097		69.8	69800	555.7324841	0.0093		69.2	69200	551.8341308	0.0097	
69.8	69800	553.620689	0.01		70.9	70900	560.9177215	0.01		69.8	69800	555.7324841	0.0097		69.2	69200	551.8341308	0.01	
69.8	69800	553.620689	0.0103		70.9	70900	560.9177215	0.0103		69.8	69800	555.7324841	0.01		69.2	69200	551.8341308	0.0103	
71	71000	563.1385232	0.0107		70.9	70900	560.9177215	0.0107		69.8	69800	555.7324841	0.0103		69.2	69200	551.8341308	0.0107	
71	71000	563.1385232	0.011		70.9	70900	560.9177215	0.011		69.8	69800	555.7324841	0.0107		69.2	69200	551.8341308	0.011	
71	71000	563.1385232	0.0114		70.9	70900	560.9177215	0.0114		69.8	69800	555.7324841	0.011		69.2	69200	551.8341308	0.0114	
71	71000	563.1385232	0.0117		70.9	70900	560.9177215	0.0117		69.8	69800	555.7324841	0.0113		69.2	69200	551.8341308	0.0117	
71	71000	563.1385232	0.0121		70.9	70900	560.9177215	0.0121		69.8	69800	555.7324841	0.0117		71.6	71600	570.9728868	0.0121	
71	71000	563.1385232	0.0124		70.9	70900	560.9177215	0.0124		70.1	70100	558.1210191	0.012		71.6	71600	570.9728868	0.0124	
71	71000	563.1385232	0.0128		71.9	71900	568.8291139	0.0128		70.1	70100	558.1210191	0.0123		71.6	71600	570.9728868	0.0128	
71	71000	563.1385232	0.0131		71.9	71900	568.8291139	0.0131		70.1	70100	558.1210191	0.0127		71.6	71600	570.9728868	0.0131	
71	71000	563.1385232	0.0134		71.9	71900	568.8291139	0.0134		70.1	70100	558.1210191	0.013		71.6	71600	570.9728868	0.0134	
71	71000	563.1385232	0.0138		71.9	71900	568.8291139	0.0138		70.1	70100	558.1210191	0.0133		71.6	71600	570.9728868	0.0138	
71	71000	563.1385232	0.0141		71.9	71900	568.8291139	0.0141		70.1	70100	558.1210191	0.0137		71.6	71600	570.9728868	0.0141	
71	71000	563.1385232	0.0145		71.9	71900	568.8291139	0.0145		70.1	70100	558.1210191	0.014		71.6	71600	570.9728868	0.0145	
71.6	71600	567.8974403	0.0148		71.9	71900	568.8291139	0.0148		70.1	70100	558.1210191	0.0143		71.6	71600	570.9728868	0.0148	
71.6	71600	567.8974403	0.0152		71.9	71900	568.8291139	0.0152		70.1	70100	558.1210191	0.0147		71.6	71600	570.9728868	0.0152	
71.6	71600	567.8974403	0.0155		71.9	71900	568.8291139	0.0155		70.1	70100	558.1210191	0.015		71.3	71300	568.5805423	0.0155	
71.6	71600	567.8974403	0.0159		71.9	71900	568.8291139	0.0159		70.1	70100	558.1210191	0.0153		71.3	71300	568.5805423	0.0159	
71.6	71600	567.8974403	0.0162		71.9	71900	568.8291139	0.0162		71.6	71600	570.0636943	0.0157		71.3	71300	568.5805423	0.0162	
71.6	71600	567.8974403	0.0166		72.5	72500	573.5759494	0.0166		71.6	71600	570.0636943	0.016		71.3	71300	568.5805423	0.0166	
71.6	71600	567.8974403	0.0169		72.5	72500	573.5759494	0.0169		71.6	71600	570.0636943	0.0163		71.3	71300	568.5805423	0.0169	
71.6	71600	567.8974403	0.0172		72.5	72500	573.5759494	0.0172		71.6	71600	570.0636943	0.0167		71.3	71300	568.5805423	0.0172	
71.6	71600	567.8974403	0.0176		72.5	72500	573.5759494	0.0176		71.6	71600	570.0636943	0.017		71.3	71300	568.5805423	0.0176	
71.6	71600	567.8974403	0.0179		72.5	72500	573.5759494	0.0179		71.6	71600	570.0636943	0.0173		71.3	71300	568.5805423	0.0179	
71.6	71600	567.8974403	0.0183		72.5	72500	573.5759494	0.0183		71.6	71600	570.0636943	0.0177		71.3	71300	568.5805423	0.0183	
71.6	71600	567.8974403	0.0186		72.5	72500	573.5759494	0.0186		71.6	71600	570.0636943	0.018		71.3	71300	568.5805423	0.0186	
72.6	72600	575.8289688	0.019		72.5	72500	573.5759494	0.019		71.6	71600	570.0636943	0.0183		71.3	71300	568.5805423	0.019	
72.6	72600	575.8289688	0.0193		72.5	72500	573.5759494	0.0193		71.7	71700	570.8598726	0.0187		71.3	71300	568.5805423	0.0193	
72.6	72600	575.8289688	0.0197		72.5	72500	573.5759494	0.0197		71.7	71700	570.8598726	0.019		71.3	71300	568.5805423	0.0197	
72.6	72600	575.8289688	0.02		72.5	72500	573.5759494	0.02		71.7	71								

74.4	74400	590.1057201	0.03	74.9	74900	592.5632911	0.03	74.4	74400	592.3566879	0.029	74.9	74900	597.2886762	0.03
74.4	74400	590.1057201	0.0303	74.9	74900	592.5632911	0.0303	74.4	74400	592.3566879	0.0293	74.9	74900	597.2886762	0.0303
74.6	74600	591.6920258	0.0307	74.9	74900	592.5632911	0.0307	74.4	74400	592.3566879	0.0297	74.9	74900	597.2886762	0.0307
74.6	74600	591.6920258	0.031	74.3	74300	587.8164557	0.031	74.4	74400	592.3566879	0.03	74.9	74900	597.2886762	0.031
74.6	74600	591.6920258	0.0314	74.3	74300	587.8164557	0.0314	74.5	74500	593.9490446	0.0303	74.9	74900	597.2886762	0.0314
74.6	74600	591.6920258	0.0317	74.3	74300	587.8164557	0.0317	74.6	74600	593.9490446	0.0307	74.9	74900	597.2886762	0.0317
74.6	74600	591.6920258	0.0321	74.3	74300	587.8164557	0.0321	74.6	74600	593.9490446	0.031	74.9	74900	597.2886762	0.0321
74.6	74600	591.6920258	0.0324	74.3	74300	587.8164557	0.0324	74.6	74600	593.9490446	0.0313	74.9	74900	597.2886762	0.0324
74.6	74600	591.6920258	0.0328	74.3	74300	587.8164557	0.0328	74.6	74600	593.9490446	0.0317	74.9	74900	597.2886762	0.0328
74.6	74600	591.6920258	0.0331	74.3	74300	587.8164557	0.0331	74.6	74600	593.9490446	0.032	74.9	74900	597.2886762	0.0331
74.9	74900	594.0714843	0.0334	74.3	74300	587.8164557	0.0334	74.6	74600	593.9490446	0.0323	74.9	74900	597.2886762	0.0334
74.9	74900	594.0714843	0.0338	74.3	74300	587.8164557	0.0338	74.6	74600	593.9490446	0.0327	74.9	74900	597.2886762	0.0338
74.9	74900	594.0714843	0.0341	74.3	74300	587.8164557	0.0341	74.9	74900	596.3375796	0.033	74.9	74900	597.2886762	0.0341
74.9	74900	594.0714843	0.0345	74.3	74300	587.8164557	0.0345	74.9	74900	596.3375796	0.0333	74.9	74900	597.2886762	0.0345
75.2	75200	596.4509429	0.0348	74.3	74300	587.8164557	0.0348	74.9	74900	596.3375796	0.0337	74.9	74900	597.2886762	0.0348
75.2	75200	596.4509429	0.0352	75.4	75400	596.5189873	0.0352	74.9	74900	596.3375796	0.034	74.9	74900	597.2886762	0.0352
75.2	75200	596.4509429	0.0355	75.4	75400	596.5189873	0.0355	74.9	74900	596.3375796	0.0343	74.9	74900	597.2886762	0.0355
75.2	75200	596.4509429	0.0359	75.4	75400	596.5189873	0.0359	75.2	75200	598.7261146	0.0347	74.9	74900	597.2886762	0.0359
75.2	75200	596.4509429	0.0362	75.4	75400	596.5189873	0.0362	75.2	75200	598.7261146	0.035	74.9	74900	597.2886762	0.0362
75.2	75200	596.4509429	0.0366	75.4	75400	596.5189873	0.0366	75.2	75200	598.7261146	0.0353	75.6	75600	602.8708134	0.0366
75.2	75200	596.4509429	0.0369	75.4	75400	596.5189873	0.0369	75.2	75200	598.7261146	0.0357	75.6	75600	602.8708134	0.0369
75.4	75400	598.0372486	0.0372	75.4	75400	596.5189873	0.0372	75.2	75200	598.7261146	0.036	75.6	75600	602.8708134	0.0372
75.4	75400	598.0372486	0.0376	75.4	75400	596.5189873	0.0376	75.2	75200	598.7261146	0.0363	75.6	75600	602.8708134	0.0376
75.4	75400	598.0372486	0.0379	76.2	76200	602.8481013	0.0379	75.2	75200	598.7261146	0.0367	75.6	75600	602.8708134	0.0379
75.4	75400	598.0372486	0.0383	76.2	76200	602.8481013	0.0383	75.2	75200	598.7261146	0.037	75.6	75600	602.8708134	0.0383
75.7	75700	600.4167071	0.0386	76.2	76200	602.8481013	0.0386	75.2	75200	598.7261146	0.0373	75.6	75600	602.8708134	0.0386
75.7	75700	600.4167071	0.039	76.2	76200	602.8481013	0.039	75.2	75200	598.7261146	0.0377	75.6	75600	602.8708134	0.039
75.7	75700	600.4167071	0.0393	76.2	76200	602.8481013	0.0393	75.2	75200	598.7261146	0.038	75.6	75600	602.8708134	0.0393
75.7	75700	600.4167071	0.0397	76.2	76200	602.8481013	0.0397	75.6	75600	601.910828	0.0383	75.7	75700	603.6682616	0.0397
76.2	76200	604.3824714	0.04	76.2	76200	602.8481013	0.04	75.6	75600	601.910828	0.0387	75.7	75700	603.6682616	0.04
76.2	76200	604.3824714	0.0403	76.7	76700	606.8037975	0.0403	75.6	75600	601.910828	0.039	75.7	75700	603.6682616	0.0403
76.2	76200	604.3824714	0.0407	76.7	76700	606.8037975	0.0407	76.6	76600	609.8726115	0.0393	75.7	75700	603.6682616	0.0407
76.2	76200	604.3824714	0.041	76.7	76700	606.8037975	0.041	76.6	76600	609.8726115	0.0397	75.7	75700	603.6682616	0.041
76.2	76200	604.3824714	0.0414	76.7	76700	606.8037975	0.0414	76.6	76600	609.8726115	0.04	75.4	75400	601.2759171	0.0414
76.2	76200	604.3824714	0.0417	76.7	76700	606.8037975	0.0417	76.6	76600	609.8726115	0.0403	75.4	75400	601.2759171	0.0417
76.2	76200	604.3824714	0.0421	76.7	76700	606.8037975	0.0421	76.6	76600	609.8726115	0.0407	75.4	75400	601.2759171	0.0421
76.2	76200	604.3824714	0.0424	76.7	76700	606.8037975	0.0424	76.6	76600	609.8726115	0.041	75.4	75400	601.2759171	0.0424
76.2	76200	604.3824714	0.0428	76.7	76700	606.8037975	0.0428	76.6	76600	609.8726115	0.0413	75.4	75400	601.2759171	0.0428
76.2	76200	604.3824714	0.0431	76.7	76700	606.8037975	0.0431	76.6	76600	609.8726115	0.0417	75.4	75400	601.2759171	0.0431
76.2	76200	604.3824714	0.0434	76.7	76700	606.8037975	0.0434	76.6	76600	609.8726115	0.042	75.4	75400	601.2759171	0.0434
76.2	76200	604.3824714	0.0438	76.7	76700	606.8037975	0.0438	76.6	76600	609.8726115	0.0423	75.4	75400	601.2759171	0.0438
76.2	76200	604.3824714	0.0441	76.7	76700	606.8037975	0.0441	76.6	76600	609.8726115	0.0427	75.4	75400	601.2759171	0.0441
76.2	76200	604.3824714	0.0445	76.7	76700	606.8037975	0.0445	76.6	76600	609.8726115	0.043	75.4	75400	601.2759171	0.0445
76.7	76700	608.3482356	0.0448	76.7	76700	606.8037975	0.0448	76.6	76600	609.8726115	0.0433	75.4	75400	601.2759171	0.0448
76.7	76700	608.3482356	0.0452	76.7	76700	606.8037975	0.0452	76.6	76600	609.8726115	0.0437	77.4	77400	617.2248804	0.0452
76.7	76700	608.3482356	0.0455	76.7	76700	606.8037975	0.0455	76.6	76600	609.8726115	0.044	77.4	77400	617.2248804	0.0455
76.7	76700	608.3482356	0.0459	77.1	77100	609.9683544	0.0459	76.7	76700	610.6687898	0.0443	77.4	77400	617.2248804	0.0459
76.7	76700	608.3482356	0.0462	77.1	77100	609.9683544	0.0462	76.7	76700	610.6687898	0.0447	77.4	77400	617.2248804	0.0462
76.7	76700	608.3482356	0.0466	77.1	77100	609.9683544	0.0466	76.7	76700	610.6687898	0.045	77.4	77400	617.2248804	0.0466
76.7	76700	608.3482356	0.0469	77.1	77100	609.9683544	0.0469	76.7	76700	610.6687898	0.0453	77.4	77400	617.2248804	0.0469
76.7	76700	608.3482356	0.0472	77.1	77100	609.9683544	0.0472	76.7	76700	610.6687898	0.0457	77.4	77400	617.2248804	0.0472
76.7	76700	608.3482356	0.0476	77.1	77100	609.9683544	0.0476	76.7	76700	610.6687898	0.046	77.4	77400	617.2248804	0.0476
76.7	76700	608.3482356	0.0479	77.1	77100	609.9683544	0.0479	76.7	76700	610.6687898	0.0463	77.4	77400	617.2248804	0.0479
77.1	77100	611.520847	0.0483	77.1	77100	609.9683544	0.0483	76.7	76700	610.6687898	0.0467	77.4	77400	617.2248804	0.0483
77.1	77100	611.520847	0.0486	77.1	77100	609.9683544	0.0486	76.7	76700	610.6687898	0.047	77.4	77400	617.2248804	0.0486
77.1	77100	611.520847	0.049	77.1	77100	609.9683544	0.049	76.7	76700	610.6687898	0.0473	77.4	77400	617.2248804	0.049
77.1	77100	611.520847	0.0493	77.3	77300	611.5506329	0.0493	76.4	76400	608.2802548	0.0477	77.4	77400	617.2248804	0.0493
77.1	77100	611.520847	0.0497	77.3	77300	611.5506329	0.0497	76.4	76400	608.2802548	0.048	77.4	77400	617.2248804	0.0497
77.1	77100	611.520847	0.05	77.3	77300	611.5506329	0.05	76.4	76400	608.2802548	0.0483	76.1	76100	606.8580542	0.05
77.5	77500	614.6934584	0.0503	77.3	77300	611.5506329	0.0503	77.5	77500	617.0382166	0.0487	76.1	76100	606.8580542	0.0503
77.5	77500	614.6934584	0.0507	77.3	77300	611.5506329	0.0507	77.5	77500	617.0382166	0.049	76.1	76100	606.8580542	0.0507
77.5	77500	614.6934584	0.051	77.3	77300	611.5506329	0.051	78.2	78200	622.611465	0.0493	76.1	76100	606.8580542	0.051
77.5	77500	614.6934584	0.0514	77.3	77300	611.5506329	0.0514	78.2	78200	622.611465	0.0497	77.5	77500	618.0223285	0.0514
77.5	77500	614.6934584	0.0517	77.3	77300	611.5506329	0.0517	78.2	78200	622.611465	0.05	77.5	77500	618.0223285	0.0517
77.5	77500	614.6934584	0.0521	77.3	77300	611.5506329	0.0521	78.2	78200	622.611465	0.0503	77.5	77500	618.0223285	0.0521
77.5	77500	614.6934584	0.0524	77.3	77300	611.5506329	0.0524	78.2	78200	622.611465	0.0507	7			

78.9	78900	625.7975983	0.0628	78.4	78400	620.2531646	0.0628	79	79000	628.9808917	0.0607	79.4	79400	633.1738437	0.0628
78.9	78900	625.7975983	0.0631	78.4	78400	620.2531646	0.0631	79	79000	628.9808917	0.061	79.4	79400	633.1738437	0.0631
78.9	78900	625.7975983	0.0634	78.4	78400	620.2531646	0.0634	79	79000	628.9808917	0.0613	79.4	79400	633.1738437	0.0634
78.9	78900	625.7975983	0.0638	78.4	78400	620.2531646	0.0638	79	79000	628.9808917	0.0617	78.8	78800	628.3891547	0.0638
78.9	78900	625.7975983	0.0641	78.4	78400	620.2531646	0.0641	79.7	79700	634.5541401	0.062	78.8	78800	628.3891547	0.0641
78.9	78900	625.7975983	0.0645	79.4	79400	628.164557	0.0645	79.7	79700	634.5541401	0.0623	78.8	78800	628.3891547	0.0645
78.9	78900	625.7975983	0.0648	79.4	79400	628.164557	0.0648	79.7	79700	634.5541401	0.0627	78.8	78800	628.3891547	0.0648
78.9	78900	625.7975983	0.0652	79.4	79400	628.164557	0.0652	79.7	79700	634.5541401	0.063	78.8	78800	628.3891547	0.0652
78.9	78900	625.7975983	0.0655	79.4	79400	628.164557	0.0655	79.7	79700	634.5541401	0.0633	78.8	78800	628.3891547	0.0655
79.4	79400	629.7633626	0.0659	79.4	79400	628.164557	0.0659	79.7	79700	634.5541401	0.0637	78.8	78800	628.3891547	0.0659
79.4	79400	629.7633626	0.0662	79.4	79400	628.164557	0.0662	79.7	79700	634.5541401	0.064	78.8	78800	628.3891547	0.0662
79.4	79400	629.7633626	0.0666	79.4	79400	628.164557	0.0666	79.7	79700	634.5541401	0.0643	78.8	78800	628.3891547	0.0666
79.4	79400	629.7633626	0.0669	79.4	79400	628.164557	0.0669	79.7	79700	634.5541401	0.0647	78.8	78800	628.3891547	0.0669
79.4	79400	629.7633626	0.0672	79.4	79400	628.164557	0.0672	79.7	79700	634.5541401	0.065	79.4	79400	633.1738437	0.0672
79.4	79400	629.7633626	0.0676	79.4	79400	628.164557	0.0676	79.7	79700	634.5541401	0.0653	79.4	79400	633.1738437	0.0676
79.4	79400	629.7633626	0.0679	79.4	79400	628.164557	0.0679	79.7	79700	634.5541401	0.0657	79.4	79400	633.1738437	0.0679
79.4	79400	629.7633626	0.0683	79.4	79400	628.164557	0.0683	79.7	79700	634.5541401	0.066	79.4	79400	633.1738437	0.0683
79.4	79400	629.7633626	0.0686	79.4	79400	628.164557	0.0686	79.7	79700	634.5541401	0.0663	79.4	79400	633.1738437	0.0686
79.4	79400	629.7633626	0.069	79.4	79400	628.164557	0.069	79.7	79700	634.5541401	0.0667	79.4	79400	633.1738437	0.069
79.4	79400	629.7633626	0.0693	79.4	79400	628.164557	0.0693	79.7	79700	634.5541401	0.067	79.4	79400	633.1738437	0.0693
79.4	79400	629.7633626	0.0697	80.3	80300	635.2848101	0.0697	79.7	79700	634.5541401	0.0673	79.4	79400	633.1738437	0.0697
79.4	79400	629.7633626	0.07	80.3	80300	635.2848101	0.07	79.7	79700	634.5541401	0.067	79.4	79400	633.1738437	0.07
79.4	79400	629.7633626	0.0703	80.3	80300	635.2848101	0.0703	79.7	79700	634.5541401	0.068	79.4	79400	633.1738437	0.0703
79.9	79900	633.7291268	0.0707	80.3	80300	635.2848101	0.0707	79.9	79900	636.1464968	0.0683	79.4	79400	633.1738437	0.0707
79.9	79900	633.7291268	0.071	80.3	80300	635.2848101	0.071	79.9	79900	636.1464968	0.0687	79.4	79400	633.1738437	0.071
79.9	79900	633.7291268	0.0714	80.3	80300	635.2848101	0.0714	79.9	79900	636.1464968	0.069	79.4	79400	633.1738437	0.0714
79.9	79900	633.7291268	0.0717	80	80000	632.9113924	0.0717	79.9	79900	636.1464968	0.0693	80.7	80700	643.5406699	0.0717
79.9	79900	633.7291268	0.0721	80	80000	632.9113924	0.0721	79.2	79200	630.5732484	0.0697	80.7	80700	643.5406699	0.0721
80	80000	634.5222797	0.0724	80	80000	632.9113924	0.0724	79.2	79200	630.5732484	0.07	80.7	80700	643.5406699	0.0724
80	80000	634.5222797	0.0728	80	80000	632.9113924	0.0728	79.2	79200	630.5732484	0.0703	80.7	80700	643.5406699	0.0728
80	80000	634.5222797	0.0731	80	80000	632.9113924	0.0731	79.2	79200	630.5732484	0.0707	80.7	80700	643.5406699	0.0731
80	80000	634.5222797	0.0734	80	80000	632.9113924	0.0734	79.2	79200	630.5732484	0.071	80	80000	637.9585327	0.0734
80	80000	634.5222797	0.0738	80	80000	632.9113924	0.0738	79.2	79200	630.5732484	0.0713	80	80000	637.9585327	0.0738
80	80000	634.5222797	0.0741	80	80000	632.9113924	0.0741	79.2	79200	630.5732484	0.0717	80	80000	637.9585327	0.0741
80	80000	634.5222797	0.0745	80	80000	632.9113924	0.0745	79.2	79200	630.5732484	0.072	80	80000	637.9585327	0.0745
80	80000	634.5222797	0.0748	80	80000	632.9113924	0.0748	79.2	79200	630.5732484	0.0723	80	80000	637.9585327	0.0748
80	80000	634.5222797	0.0752	80.3	80300	635.2848101	0.0752	79.2	79200	630.5732484	0.0727	80	80000	637.9585327	0.0752
80	80000	634.5222797	0.0755	80.3	80300	635.2848101	0.0755	79.2	79200	630.5732484	0.073	80	80000	637.9585327	0.0755
80	80000	634.5222797	0.0759	80.3	80300	635.2848101	0.0759	79.2	79200	630.5732484	0.0733	80	80000	637.9585327	0.0759
80	80000	634.5222797	0.0762	80.3	80300	635.2848101	0.0762	79.2	79200	630.5732484	0.0737	80	80000	637.9585327	0.0762
80	80000	634.5222797	0.0766	80.3	80300	635.2848101	0.0766	79.2	79200	630.5732484	0.074	80	80000	637.9585327	0.0766
80	80000	634.5222797	0.0769	80.3	80300	635.2848101	0.0769	79.2	79200	630.5732484	0.0743	80	80000	637.9585327	0.0769
80.4	80400	637.6948911	0.0772	80.3	80300	635.2848101	0.0772	81.6	81600	649.6815287	0.0747	80	80000	637.9585327	0.0772
80.4	80400	637.6948911	0.0776	80.3	80300	635.2848101	0.0776	81.6	81600	649.6815287	0.075	80	80000	637.9585327	0.0776
80.4	80400	637.6948911	0.0779	80.3	80300	635.2848101	0.0779	81.6	81600	649.6815287	0.0753	80.7	80700	643.5406699	0.0779
80.4	80400	637.6948911	0.0783	80.3	80300	635.2848101	0.0783	81.6	81600	649.6815287	0.0757	80.7	80700	643.5406699	0.0783
80.4	80400	637.6948911	0.0786	80.3	80300	635.2848101	0.0786	81.6	81600	649.6815287	0.076	80.7	80700	643.5406699	0.0786
80.4	80400	637.6948911	0.079	80.8	80800	639.2405063	0.079	81.6	81600	649.6815287	0.0763	80.7	80700	643.5406699	0.079
80.4	80400	637.6948911	0.0793	80.8	80800	639.2405063	0.0793	81.6	81600	649.6815287	0.0767	80.7	80700	643.5406699	0.0793
80.4	80400	637.6948911	0.0797	80.8	80800	639.2405063	0.0797	81.6	81600	649.6815287	0.077	80.7	80700	643.5406699	0.0797
80.4	80400	637.6948911	0.08	80.8	80800	639.2405063	0.08	81.6	81600	649.6815287	0.0773	80.7	80700	643.5406699	0.08
80.8	80800	640.8675025	0.0803	80.8	80800	639.2405063	0.0803	81.6	81600	649.6815287	0.0777	80.7	80700	643.5406699	0.0803
80.8	80800	640.8675025	0.0807	80.8	80800	639.2405063	0.0807	81.6	81600	649.6815287	0.078	80.8	80800	644.338118	0.0807
80.8	80800	640.8675025	0.081	80.8	80800	639.2405063	0.081	81.6	81600	649.6815287	0.0783	80.8	80800	644.338118	0.081
80.8	80800	640.8675025	0.0814	80.8	80800	639.2405063	0.0814	81.6	81600	649.6815287	0.0787	80.8	80800	644.338118	0.0814
80.8	80800	640.8675025	0.0817	80.8	80800	639.2405063	0.0817	81.6	81600	649.6815287	0.079	80.8	80800	644.338118	0.0817
80.8	80800	640.8675025	0.0821	80.8	80800	639.2405063	0.0821	81.6	81600	649.6815287	0.0793	80.8	80800	644.338118	0.0821
80.8	80800	640.8675025	0.0824	80.2	80200	634.4936709	0.0824	80.3	80300	639.3312102	0.0797	80.8	80800	644.338118	0.0824
80.8	80800	640.8675025	0.0828	80.2	80200	634.4936709	0.0828	80.3	80300	639.3312102	0.08	80.8	80800	644.338118	0.0828
80.8	80800	640.8675025	0.0831	80.2	80200	634.4936709	0.0831	80.3	80300	639.3312102	0.0803	80.8	80800	644.338118	0.0831
81.1	81100	643.246961	0.0834	80.2	80200	634.4936709	0.0834	80.3	80300	639.3312102	0.0807	80.8	80800	644.338118	0.0834
81.1	81100	643.246961	0.0838	80.2	80200	634.4936709	0.0838	80.3	80300	639.3312102	0.081	80.8	80800	644.338118	0.0838
81.1	81100	643.246961	0.0841	80.2	80200	634.4936709	0.0841	80.3	80300	639.3312102	0.0813	81.1	81100	646.7304625	0.0841
81.1	81100	643.246961	0.0845	80.2	80200	634.4936709	0.0845	80.3	80300	639.3312102	0.0817	81.1	81100	646.7304625	0.0845
81.1	81100	643.246961	0.0848	80.2	80200	634.4936709	0.0848	80.3	80300	639.3312102	0.082	81.1	81100	646.7304625	0.0848
81.1	81100	643.246961	0.0852	80.2	80200	634.4936709	0.0852	80.3	80300	639.3312102	0.0823	81.1	81100	646.7304625	0.0852
81.1	81100	643.246961	0.0855	81.7	81700	646.3607595	0.0855	80.3	80300						

85.5	85500	678.1456864	0.1938
85.5	85500	678.1456864	0.1941
85.5	85500	678.1456864	0.1945
85.5	85500	678.1456864	0.1948
85.5	85500	678.1456864	0.1952
85.5	85500	678.1456864	0.1955
85.7	85700	679.7319921	0.1959
85.7	85700	679.7319921	0.1962
85.7	85700	679.7319921	0.1966
85.7	85700	679.7319921	0.1969
85.7	85700	679.7319921	0.1972
85.7	85700	679.7319921	0.1976
85.7	85700	679.7319921	0.1979
85.7	85700	679.7319921	0.1983
85.7	85700	679.7319921	0.1986
85.7	85700	679.7319921	0.199
85.7	85700	679.7319921	0.1993
85.7	85700	679.7319921	0.2003
85.8	85800	680.5251449	0.321

85.7	85700	678.0063291	0.1938
85.7	85700	678.0063291	0.1941
85.7	85700	678.0063291	0.1945
85.7	85700	678.0063291	0.1948
85.7	85700	678.0063291	0.1952
85.7	85700	678.0063291	0.1955
85.7	85700	678.0063291	0.1959
85.7	85700	678.0063291	0.1962
85.7	85700	678.0063291	0.1966
85.7	85700	678.0063291	0.1969
85.7	85700	678.0063291	0.1972
85.8	85800	678.7974684	0.1976
85.8	85800	678.7974684	0.1979
85.8	85800	678.7974684	0.1983
85.8	85800	678.7974684	0.1986
85.8	85800	678.7974684	0.199
85.8	85800	678.7974684	0.1993
85.8	85800	678.7974684	0.201
85.8	85800	678.7974684	0.321

86.6	86600	689.4904459	0.1873
86.6	86600	689.4904459	0.1877
86.6	86600	689.4904459	0.188
86.6	86600	689.4904459	0.1883
86.6	86600	689.4904459	0.1887
86.6	86600	689.4904459	0.189
86.6	86600	689.4904459	0.1893
85.3	85300	679.1401274	0.1897
85.3	85300	679.1401274	0.19
85.3	85300	679.1401274	0.1903
85.3	85300	679.1401274	0.1907
85.3	85300	679.1401274	0.191
85.3	85300	679.1401274	0.1913
85.3	85300	679.1401274	0.1917
85.3	85300	679.1401274	0.192
85.3	85300	679.1401274	0.1923
85.3	85300	679.1401274	0.1927
85.3	85300	679.1401274	0.195
85.3	85300	679.1401274	0.3087

85.5	85500	681.8181818	0.1938
85.5	85500	681.8181818	0.1941
85.5	85500	681.8181818	0.1945
85.5	85500	681.8181818	0.1948
85.5	85500	681.8181818	0.1952
85.5	85500	681.8181818	0.1955
85.5	85500	681.8181818	0.1959
85.5	85500	681.8181818	0.1962
85.6	85600	682.61563	0.1966
85.6	85600	682.61563	0.1969
85.6	85600	682.61563	0.1972
85.6	85600	682.61563	0.1976
85.6	85600	682.61563	0.1979
85.6	85600	682.61563	0.1983
85.6	85600	682.61563	0.1986
85.6	85600	682.61563	0.199
85.6	85600	682.61563	0.1993
85.6	85600	682.61563	0.2007
85.5	85500	681.8181818	0.32

BARRAS DE ACERO USADAS DE MEDIDAS 1/2"

BARRA 1				BARRA 2				BARRA 3				BARRA 4			
Carga max(N)	Carga max (kN)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Carga max(N)	Carga max (kN)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Carga max(N)	Carga max (kN)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Carga max(N)	Carga max (kN)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)
28.8	28800	228.0285036	0	28.3	28300	223.8924051	0	27.9	27900	221.5729738	0	28.8	28800	228.0285036	0
28.6	28600	226.6244057	0.0003	28.3	28300	223.8924051	0.0003	28.6	28600	226.8041237	0.0003	28.8	28800	228.0285036	0.0003
28.6	28600	226.6244057	0.0007	28.3	28300	223.8924051	0.0007	28.6	28600	226.8041237	0.0007	28.8	28800	228.0285036	0.0007
28.6	28600	226.6244057	0.001	30.4	30400	240.5063291	0.001	28.6	28600	226.8041237	0.001	28.8	28800	228.0285036	0.001
31.8	31800	251.9809826	0.0014	31.4	31400	248.4177151	0.0014	31.4	31400	249.0087232	0.0014	28.8	28800	228.0285036	0.0014
31.8	31800	251.9809826	0.0017	43.2	43200	341.7721519	0.0017	43.2	43200	342.5852498	0.0017	28.8	28800	228.0285036	0.0017
31.8	31800	251.9809826	0.002	43.2	43200	341.7721519	0.002	43.2	43200	342.5852498	0.002	28.8	28800	228.0285036	0.002
31.8	31800	251.9809826	0.0024	43.2	43200	341.7721519	0.0024	43.2	43200	342.5852498	0.0024	28.8	28800	228.0285036	0.0024
47.4	47400	375.5942948	0.0027	48	48000	379.7468354	0.0027	43.2	43200	342.5852498	0.0027	46.7	46700	369.7545527	0.0027
47.4	47400	375.5942948	0.0031	48	48000	379.7468354	0.0031	43.2	43200	342.5852498	0.0031	46.7	46700	369.7545527	0.0031
47.4	47400	375.5942948	0.0034	48	48000	379.7468354	0.0034	43.2	43200	342.5852498	0.0034	46.7	46700	369.7545527	0.0034
47.4	47400	375.5942948	0.0037	48	48000	379.7468354	0.0037	43.2	43200	342.5852498	0.0037	46.7	46700	369.7545527	0.0037
47.4	47400	375.5942948	0.0041	48	48000	379.7468354	0.0041	43.2	43200	342.5852498	0.0041	46.7	46700	369.7545527	0.0041
47.4	47400	375.5942948	0.0044	48	48000	379.7468354	0.0044	43.2	43200	342.5852498	0.0044	46.7	46700	369.7545527	0.0044
47.4	47400	375.5942948	0.0048	48	48000	379.7468354	0.0047	43.2	43200	342.5852498	0.0047	46.7	46700	369.7545527	0.0047
47.4	47400	375.5942948	0.0051	48	48000	379.7468354	0.0051	43.2	43200	342.5852498	0.0051	46.7	46700	369.7545527	0.0051
47.4	47400	375.5942948	0.0054	48	48000	379.7468354	0.0054	43.2	43200	342.5852498	0.0054	46.7	46700	369.7545527	0.0054
47.4	47400	375.5942948	0.0058	67.5	67500	534.0189873	0.0057	66.9	66900	530.5313243	0.0058	46.7	46700	369.7545527	0.0057
47.4	47400	375.5942948	0.0061	67.5	67500	534.0189873	0.0061	66.9	66900	530.5313243	0.0061	46.7	46700	369.7545527	0.0061
68	68000	538.8272583	0.0065	67.5	67500	534.0189873	0.0064	66.9	66900	530.5313243	0.0064	66.9	66900	530.5313243	0.0064
68	68000	538.8272583	0.0068	67.5	67500	534.0189873	0.0068	66.9	66900	530.5313243	0.0068	67.4	67400	533.6500396	0.0068
68	68000	533.0903328	0.0071	67.5	67500	534.0189873	0.0071	68.1	68100	540.0475813	0.0071	67.4	67400	533.6500396	0.0071
68	68000	533.0903328	0.0074	67.5	67500	534.0189873	0.0074	68.1	68100	540.0475813	0.0074	67.4	67400	533.6500396	0.0074
68	68000	533.0903328	0.0078	70	70000	553.7974684	0.0078	68.1	68100	540.0475813	0.0078	70.3	70300	556.6112431	0.0078
68	68000	533.0903328	0.0082	70	70000	553.7974684	0.0082	68.1	68100	540.0475813	0.0081	70.3	70300	556.6112431	0.0081
68	68000	533.0903328	0.0085	70	70000	553.7974684	0.0085	68.1	68100	540.0475813	0.0085	70.3	70300	556.6112431	0.0085
68	68000	533.0903328	0.0088	70	70000	553.7974684	0.0088	68.1	68100	540.0475813	0.0088	70.3	70300	556.6112431	0.0088
68	68000	533.0903328	0.0092	70	70000	553.7974684	0.0091	68.1	68100	540.0475813	0.0092	70.3	70300	556.6112431	0.0091
68	68000	533.0903328	0.0095	70	70000	553.7974684	0.0095	68.1	68100	540.0475813	0.0095	70.3	70300	556.6112431	0.0095
68	68000	533.0903328	0.0099	70	70000	553.7974684	0.0098	68.1	68100	540.0475813	0.0098	70.3	70300	556.6112431	0.0098
68	68000	533.0903328	0.0103	70	70000	553.7974684	0.0102	68.1	68100	540.0475813	0.0102	70.3	70300	556.6112431	0.0102
68	68000	533.0903328	0.0105	70	70000	553.7974684	0.0105	68.1	68100	540.0475813	0.0105	70.3	70300	556.6112431	0.0105
71	71000	562.5990491	0.0109	70	70000	553.7974684	0.0108	68.1	68100	540.0475813	0.0108	70.3	70300	556.6112431	0.0108
71	71000	562.5990491	0.0112	71	71000	561.7088608	0.0111	71.9	71900	570.1823949	0.0112	70.3	70300	556.6112431	0.0112
71	71000	562.5990491	0.0115	71	71000	561.7088608	0.0115	71.9	71900	570.1823949	0.0115	71	71000	562.5990491	0.0115
71	71000	562.5990491	0.0119	71	71000	561.7088608	0.0119	71.9	71900	570.1823949	0.0119	71	71000	562.5990491	0.0119
71	71000	562.5990491	0.0122	71	71000	561.7088608	0.0122	71.9	71900	570.1823949	0.0122	71	71000	562.5990491	0.0122
71	71000	562.5990491	0.0126	71	71000	561.7088608	0.0126	71.9	71900	570.1823949	0.0125	71	71000	562.5990491	0.0125
71	71000	562.5990491	0.0129	71	71000	561.7088608	0.0129	71.9	71900	570.1823949	0.0129	71	71000	562.5990491	0.0129
71	71000	562.5990491	0.0133	71	71000	561.7088608	0.0132	71.9	71900	570.1823949	0.0132	71	71000	562.5990491	0.0132
71	71000	562.5990491	0.0136	71	71000	561.7088608	0.0135	71.9	71900	570.1823949	0.0136	71	71000	562.5990491	0.0135
71	71000	562.5990491	0.0139	71	71000	561.7088608	0.0139	71.9	71900	570.1823949	0.0139	71	71000	562.5990491	0.0139
71	71000	562.5990491	0.0143	71	71000	561.7088608	0.0142	71.9	71900	570.1823949	0.0142	71	71000	562.5990491	0.0142
71	71000	562.5990491	0.0146	71	71000	561.7088608	0.0145	71.9	71900	570.1823949	0.0145	71	71000	562.5990491	0.0145
71	71000	562.5990491	0.015	71.6	71600	566.4556962	0.0149	71.9	71900	570.1823949	0.0149	71	71000	562.5990491	0.0149
71.6	71600	567.3534073	0.0153	71.6	71600	566.4556962	0.0152	71.9	71900	570.1823949	0.0153	71	71000	562.5990491	0.0152
71.6	71600	567.3534073	0.0158	71.6	71600	566.4556962	0.0155	71.9	71900	570.1823949	0.0156	71.8	71800	568.4877276	0.0156
71.6	71600	567.3534073	0.0161	71.6	71600	566.4556962	0.0159	71.9	71900	570.1823949	0.0159	71.8	71800	568.4877276	0.0159
71.6	71600	567.3534073	0.0163	71.6	71600	566.4556962	0.0162	71.6	71600	567.8033307	0.0163	71.8	71800	568.4877276	0.0162
71.6	71600	567.3534073	0.0167	71.6	71600	566.4556962	0.0166	71.6	71600	567.8033307	0.0166	71.8	71800	568.4877276	0.0166
71.6	71600	567.3534073	0.017	71.6	71600	566.4556962	0.0169	71.6	71600	567.8033307	0.0169	71.8	71800	568.4877276	0.0169
71.6	71600	567.3534073	0.0173	71.6	71600	566.4556962	0.0172	71.6	71600	567.8033307	0.0172	71.8	71800	568.4877276	0.0172
71.6	71600	567.3534073	0.0177	71.6	71600	566.4556962	0.0176	71.6	71600	567.8033307	0.0176	71.8	71800	568.4877276	0.0176
71.6	71600	567.3534073	0.018	71.6	71600	566.4556962	0.0179	71.6	71600	567.8033307	0.0179	71.8	71800	568.4877276	0.0179
71.6	71600	567.3534073	0.0184	71.6	71600	566.4556962	0.0182	71.6	71600	567.8033307	0.0183	71.8	71800	568.4877276	0.0183
71.6	71600	567.3534073	0.0187	71.6	71600	566.4556962	0.0186	71.6	71600	567.8033307	0.0186	71.8	71800	568.4877276	0.0186
71.6	71600	567.3534073	0.019	71.6	71600	566.4556962	0.0189	71.6	71600	567.8033307	0.019	71.8	71800	568.4877276	0.0189
71.6	71600	567.3534073	0.0194	71.6	71600	566.4556962	0.0193	71.6	71600	567.8033307	0.0193	71	73000	577.9889153	0.0193
71.7	71700	568.1458003	0.0197	71.6	71600	566.4556962	0.0196	73.3	73300	581.2846947	0.0197	73	73000	577.9889153	0.0196
71.7	71700	568.1458003	0.0201	71.6	71600	566.4556962	0.0199	73.3	73300	581.2846947	0.02	73	73000	577.9889153	0.02
71.7	71700	568.1458003	0.0204	72.8	72800	575.9493671	0.0203	73.3	73300	581.2846947	0.0203	73	73000	577.9889153	0.0203
71.7	71700	568.1458003	0.0207	72.8	72800	575.9493671	0.0206	73.3	73300	581.2846947	0.0207	73	73000	577.9889153	0.0206
71.7	71700	568.1458003	0.0211	72.8	72800	575.9493671	0.0209	73.3	73300	581.2846947	0.021	73	73000	577.9889153	0.021
71.7	71700	568.1458003	0.0214	72.8	72800	575.9493671	0.0213	73.3	73300	581.2846947	0.0214	73	73000	577.9889153	0.0213
71.7	71700	568.1458003	0.0218	72.8	72800	575.9493671	0.0216								

75.2	75200	595.8795563	0.0347	74.9	74900	592.5632911	0.0345	74.9	74900	593.9730373	0.0346	74.9	74900	593.0324624	0.0345
75.2	75200	595.8795563	0.035	74.9	74900	592.5632911	0.0348	75.2	75200	596.3521015	0.0349	74.9	74900	593.0324624	0.0348
75.2	75200	595.8795563	0.0354	76.1	76100	602.056962	0.0351	75.2	75200	596.3521015	0.0353	74.9	74900	593.0324624	0.0352
75.2	75200	595.8795563	0.0357	76.1	76100	602.056962	0.0355	75.2	75200	596.3521015	0.0356	74.9	74900	593.0324624	0.0355
75.2	75200	595.8795563	0.0361	76.1	76100	602.056962	0.0358	75.2	75200	596.3521015	0.0359	75.2	75200	595.4077593	0.0359
75.2	75200	595.8795563	0.0364	76.1	76100	602.056962	0.0361	75.2	75200	596.3521015	0.0363	75.2	75200	595.4077593	0.0362
75.2	75200	595.8795563	0.0367	76.1	76100	602.056962	0.0365	75.2	75200	596.3521015	0.0366	75.2	75200	595.4077593	0.0365
75.2	75200	595.8795563	0.0371	75.9	75900	600.4746835	0.0368	75.2	75200	596.3521015	0.0369	75.2	75200	595.4077593	0.0368
75.2	75200	595.8795563	0.0374	75.9	75900	600.4746835	0.0372	75.2	75200	596.3521015	0.0373	74.6	74600	590.6571655	0.0372
74.8	74800	592.7099842	0.0378	75.9	75900	600.4746835	0.0375	75.2	75200	596.3521015	0.0376	74.6	74600	590.6571655	0.0375
74.8	74800	592.7099842	0.0381	75.9	75900	600.4746835	0.0378	75.2	75200	596.3521015	0.038	74.6	74600	590.6571655	0.0379
74.8	74800	592.7099842	0.0384	75.9	75900	600.4746835	0.0382	75.2	75200	596.3521015	0.0383	74.6	74600	590.6571655	0.0382
74.8	74800	592.7099842	0.0388	75.8	75800	599.6831443	0.0385	75.4	75400	597.9381443	0.0386	75.7	75700	599.3665875	0.0386
74.8	74800	592.7099842	0.0391	75.8	75800	599.6831443	0.0389	75.4	75400	597.9381443	0.039	75.7	75700	599.3665875	0.0389
75.7	75700	599.8415124	0.0395	75.8	75800	599.6831443	0.0392	75.4	75400	597.9381443	0.0393	75.7	75700	599.3665875	0.0392
75.7	75700	599.8415124	0.0398	75.8	75800	599.6831443	0.0395	75.4	75400	597.9381443	0.0397	75.7	75700	599.3665875	0.0396
77	77000	610.1426307	0.0401	75.8	75800	599.6831443	0.0399	75.3	75300	597.1451229	0.04	75.7	75700	599.3665875	0.0399
77	77000	610.1426307	0.0405	75.8	75800	599.6831443	0.0402	75.3	75300	597.1451229	0.0403	75.7	75700	599.3665875	0.0402
77	77000	610.1426307	0.0408	75.8	75800	599.6831443	0.0405	75.3	75300	597.1451229	0.0407	75.7	75700	599.3665875	0.0406
77	77000	610.1426307	0.0412	75.8	75800	599.6831443	0.0409	75.3	75300	597.1451229	0.041	75.7	75700	599.3665875	0.0409
77	77000	610.1426307	0.0415	77.1	77100	609.9683544	0.0412	76	76000	602.6962728	0.0414	76.4	76400	604.908947	0.0413
77	77000	610.1426307	0.0418	77.1	77100	609.9683544	0.0416	76	76000	602.6962728	0.0417	76.4	76400	604.908947	0.0416
77	77000	610.1426307	0.0422	77.1	77100	609.9683544	0.0419	76	76000	602.6962728	0.042	76.4	76400	604.908947	0.0419
77	77000	610.1426307	0.0425	77.1	77100	609.9683544	0.0422	76	76000	602.6962728	0.0424	76.4	76400	604.908947	0.0423
77	77000	610.1426307	0.0429	77.1	77100	609.9683544	0.0426	76	76000	602.6962728	0.0427	76.4	76400	604.908947	0.0426
77	77000	610.1426307	0.0432	77.1	77100	609.9683544	0.0429	76	76000	602.6962728	0.0431	76.4	76400	604.908947	0.043
77	77000	610.1426307	0.0435	77.1	77100	609.9683544	0.0432	76	76000	602.6962728	0.0434	76.4	76400	604.908947	0.0433
77	77000	610.1426307	0.0439	77.1	77100	609.9683544	0.0436	76	76000	602.6962728	0.0437	76.4	76400	604.908947	0.0436
77	77000	610.1426307	0.0442	77.1	77100	609.9683544	0.0439	76	76000	602.6962728	0.0441	76.4	76400	604.908947	0.044
77	77000	610.1426307	0.0446	77.1	77100	609.9683544	0.0443	76	76000	602.6962728	0.0444	76.7	76700	607.2842439	0.0443
76.7	76700	607.7654517	0.0449	77.1	77100	609.9683544	0.0446	76.9	76900	609.8334655	0.0447	76.7	76700	607.2842439	0.0446
76.7	76700	607.7654517	0.0452	76.7	76700	606.8037975	0.0449	76.9	76900	609.8334655	0.0451	76.7	76700	607.2842439	0.045
76.7	76700	607.7654517	0.0456	76.7	76700	606.8037975	0.0453	76.9	76900	609.8334655	0.0454	76.7	76700	607.2842439	0.0453
76.7	76700	607.7654517	0.0459	76.7	76700	606.8037975	0.0456	76.9	76900	609.8334655	0.0458	76.7	76700	607.2842439	0.0457
76.7	76700	607.7654517	0.0463	76.7	76700	606.8037975	0.0459	76.9	76900	609.8334655	0.0461	76.7	76700	607.2842439	0.046
76.7	76700	607.7654517	0.0466	76.7	76700	606.8037975	0.0463	76.9	76900	609.8334655	0.0464	76.7	76700	607.2842439	0.0463
76.7	76700	607.7654517	0.0469	76.7	76700	606.8037975	0.0466	76.9	76900	609.8334655	0.0468	76.7	76700	607.2842439	0.0467
76.7	76700	607.7654517	0.0473	76.7	76700	606.8037975	0.047	76.9	76900	609.8334655	0.0471	76.7	76700	607.2842439	0.047
76.7	76700	607.7654517	0.0476	76.7	76700	606.8037975	0.0473	76.9	76900	609.8334655	0.0475	76.7	76700	607.2842439	0.0474
76.7	76700	607.7654517	0.048	76.7	76700	606.8037975	0.0476	76.9	76900	609.8334655	0.0478	76.7	76700	607.2842439	0.0477
77.1	77100	610.9350238	0.0481	76.7	76700	606.8037975	0.048	77.1	77100	616.1776368	0.0481	77.9	77900	616.7854315	0.048
77.1	77100	610.9350238	0.0486	76.7	76700	606.8037975	0.0483	77.1	77100	616.1776368	0.0485	77.9	77900	616.7854315	0.0484
77.1	77100	610.9350238	0.049	77.8	77800	615.5063291	0.0486	77.1	77100	616.1776368	0.0488	77.9	77900	616.7854315	0.0487
77.1	77100	610.9350238	0.0493	77.8	77800	615.5063291	0.049	77.1	77100	616.1776368	0.0492	77.9	77900	616.7854315	0.049
77.1	77100	610.9350238	0.0497	77.8	77800	615.5063291	0.0493	77.1	77100	616.1776368	0.0495	77.9	77900	616.7854315	0.0494
77.1	77100	610.9350238	0.05	77.8	77800	615.5063291	0.0497	77.1	77100	616.1776368	0.0498	77.9	77900	616.7854315	0.0497
77.1	77100	610.9350238	0.0503	77.5	77500	613.129114	0.05	77.9	77900	617.7636796	0.0502	77.9	77900	616.7854315	0.0501
77.1	77100	610.9350238	0.0507	77.5	77500	613.129114	0.0503	77.9	77900	617.7636796	0.0505	78.1	78100	618.3689628	0.0504
77.1	77100	610.9350238	0.0511	77.5	77500	613.129114	0.0507	77.9	77900	617.7636796	0.0508	78.1	78100	618.3689628	0.0507
77.1	77100	610.9350238	0.0514	77.5	77500	613.129114	0.051	77.9	77900	617.7636796	0.0512	78.1	78100	618.3689628	0.0511
77.1	77100	610.9350238	0.0517	77.5	77500	613.129114	0.0514	77.9	77900	617.7636796	0.0515	78.1	78100	618.3689628	0.0514
77.1	77100	610.9350238	0.052	77.5	77500	613.129114	0.0517	77.9	77900	617.7636796	0.0519	78.1	78100	618.3689628	0.0517
77.1	77100	610.9350238	0.0524	77.5	77500	613.129114	0.052	77.9	77900	617.7636796	0.0522	78.1	78100	618.3689628	0.0521
77.1	77100	610.9350238	0.0527	77.5	77500	613.129114	0.0524	77.9	77900	617.7636796	0.0525	78.1	78100	618.3689628	0.0524
77.1	77100	610.9350238	0.0531	77.5	77500	613.129114	0.0527	77.9	77900	617.7636796	0.0529	78.1	78100	618.3689628	0.0528
77.1	77100	610.9350238	0.0534	77.5	77500	613.129114	0.053	77.9	77900	617.7636796	0.0532	78.1	78100	618.3689628	0.0531
77.1	77100	610.9350238	0.0537	77.5	77500	613.129114	0.0534	77.9	77900	617.7636796	0.0536	78.1	78100	618.3689628	0.0534
77.1	77100	610.9350238	0.0541	77.5	77500	613.129114	0.0537	77.9	77900	617.7636796	0.0539	78.1	78100	618.3689628	0.0538
77.1	77100	610.9350238	0.0544	77.5	77500	613.129114	0.0541	77.9	77900	617.7636796	0.0542	78.1	78100	618.3689628	0.0541
78.2	78200	619.6513471	0.0548	77.6	77600	613.9240506	0.0544	77.5	77500	614.5915194	0.0546	78.1	78100	618.3689628	0.0545
78.2	78200	619.6513471	0.0551	77.6	77600	613.9240506	0.0547	77.5	77500	614.5915194	0.0549	78.5	78500	621.5360253	0.0548
78.2	78200	619.6513471	0.0554	77.6	77600	613.9240506	0.0551	77.5	77500	614.5915194	0.0553	78.5	78500	621.5360253	0.0551
78.2	78200	619.6513471	0.0558	77.6	77600	613.9240506	0.0554	77.5	77500	614.5915194	0.0556	78.5	78500	621.5360253	0.0555
78.2	78200	619.6513471	0.0561	77.6	77600	613.9240506	0.0557	77.5	77500	614.5915194	0.0559	78.5	78500	621.5360253	0.0558
78.2	78200	619.6513471	0.0565	77.6	77600	613.9240506	0.0561	77.5	77500	614.5915194	0.0563	78.5	78500	621.5360253	0.0561
78.2	78200	619.6513471	0.0568	77.6	77600	613.9240506	0.0564	77.5	77500	614.5915194	0.0566	78.5	78500	621.5360253	0.0564
78.2	78200	619.6513471	0.0571	77											

80.1	80800	640.7535656	0.0721	80.1	80100	633.7025316	0.0716	79.9	79900	633.6241079	0.0719	80.5	80500	637.3713381	0.0717				
80.1	80100	634.7681466	0.0724	80.1	80100	633.7025316	0.072	79.9	79900	633.6241079	0.0722	80.5	80500	637.3713381	0.072				
80.1	80100	634.7681466	0.0725	80.1	80100	633.7025316	0.0723	79.9	79900	633.6241079	0.0723	80.5	80500	637.3713381	0.0724				
80.1	80100	634.7681466	0.0726	80.1	80100	633.7025316	0.0724	79.9	79900	633.6241079	0.0724	80.5	80500	637.3713381	0.0725				
80.1	80100	634.7681466	0.0727	80.1	80100	633.7025316	0.0725	79.9	79900	633.6241079	0.0725	80.5	80500	637.3713381	0.0726				
80.1	80100	634.7681466	0.0728	80.1	80100	633.7025316	0.0723	79.9	79900	633.6241079	0.073	80.5	80500	637.3713381	0.0727				
80.1	80100	634.7681466	0.0741	80.1	80100	633.7025316	0.0736	79.9	79900	633.6241079	0.0736	80.5	80500	637.3713381	0.0734				
80.1	80100	634.7681466	0.0746	80.1	80100	633.7025316	0.074	79.9	79900	633.6241079	0.074	80.5	80500	637.3713381	0.0741				
80.1	80100	634.7681466	0.0752	80.1	80100	633.7025316	0.0743	79.9	79900	633.6241079	0.0746	80.5	80500	637.3713381	0.0744				
80.1	80100	634.7681466	0.0752	80.1	80100	633.7025316	0.0747	79.9	79900	633.6241079	0.0749	80.5	80500	637.3713381	0.0747				
80.1	80100	634.7681466	0.0755	80.1	80100	633.7025316	0.075	79.9	79900	633.6241079	0.0753	80.5	80500	637.3713381	0.0751				
80.1	80100	634.7681466	0.0756	80.1	80100	633.7025316	0.0752	79.9	79900	633.6241079	0.0756	80.5	80500	637.3713381	0.0754				
80.1	80100	634.7681466	0.0762	80.1	80100	633.7025316	0.0757	79.9	79900	633.6241079	0.0759	80.5	80500	637.3713381	0.0758				
79.4	79400	629.1600634	0.0765	79.5	79500	628.9556692	0.076	79.9	79900	633.6241079	0.0763	80.5	80500	637.3713381	0.0761				
79.4	79400	629.1600634	0.0769	79.5	79500	628.9556692	0.0764	79.9	79900	633.6241079	0.0766	80.5	80500	637.3713381	0.0764				
79.4	79400	629.1600634	0.0772	79.5	79500	628.9556692	0.0767	80.4	80400	637.5892149	0.0767	80.0000	633.4125099	0.0767	80.0000	633.4125099	0.0767		
79.4	79400	629.1600634	0.0773	79.5	79500	628.9556692	0.077	80.4	80400	637.5892149	0.0768	80.0000	633.4125099	0.0768	80.0000	633.4125099	0.0768		
79.4	79400	629.1600634	0.0779	79.5	79500	628.9556692	0.0774	80.4	80400	637.5892149	0.0769	80.0000	633.4125099	0.0775	80.0000	633.4125099	0.0775		
79.4	79400	629.1600634	0.0782	79.5	79500	628.9556692	0.0777	80.4	80400	637.5892149	0.0773	80.0000	633.4125099	0.0778	80.0000	633.4125099	0.0778		
79.4	79400	629.1600634	0.0786	79.5	79500	628.9556692	0.078	80.4	80400	637.5892149	0.078	80.0000	633.4125099	0.0781	80.0000	633.4125099	0.0781		
79.4	79400	629.1600634	0.0787	79.5	79500	628.9556692	0.0784	80.4	80400	637.5892149	0.0786	80.0000	633.4125099	0.0784	80.0000	633.4125099	0.0784		
79.4	79400	629.1600634	0.0793	79.5	79500	628.9556692	0.0787	80.4	80400	637.5892149	0.079	80.0000	633.4125099	0.0791	80.0000	633.4125099	0.0791		
79.4	79400	629.1600634	0.0796	79.5	79500	628.9556692	0.0791	80.0000	634.4171293	0.0793	80.0000	634.9960412	0.0793	80.0000	634.9960412	0.0793			
79.4	79400	629.1600634	0.0799	80.0	80800	639.2405063	0.0784	80.0000	634.4171293	0.0797	80.0000	634.9960412	0.0795	80.0000	634.9960412	0.0795			
80.2	80200	635.4992076	0.0807	80.0	80800	639.2405063	0.0792	80.0000	634.4171293	0.0801	80.0000	634.9960412	0.0802	80.0000	634.9960412	0.0802			
80.2	80200	635.4992076	0.0806	80.0	80800	639.2405063	0.0794	80.0000	634.4171293	0.0803	80.0000	634.9960412	0.0805	80.0000	634.9960412	0.0805			
80.2	80200	635.4992076	0.081	80.0	80800	639.2405063	0.0804	80.0000	634.4171293	0.0807	80.0000	634.9960412	0.0808	80.0000	634.9960412	0.0808			
80.2	80200	635.4992076	0.0813	80.0	80800	639.2405063	0.0807	80.0000	634.4171293	0.0808	80.0000	634.9960412	0.0808	80.0000	634.9960412	0.0808			
80.2	80200	635.4992076	0.081	80.0	80800	639.2405063	0.081	80.0000	634.4171293	0.081	80.0000	634.9960412	0.081	80.0000	634.9960412	0.081			
80.2	80200	635.4992076	0.082	80.0	80800	639.2405063	0.0814	80.0000	634.4171293	0.0817	80.0000	634.9960412	0.0815	80.0000	634.9960412	0.0815			
80.2	80200	635.4992076	0.0823	80.0	80800	639.2405063	0.0818	80.0000	634.4171293	0.082	80.0000	634.9960412	0.0818	80.0000	634.9960412	0.0818			
80.2	80200	635.4992076	0.0827	80.0	80800	639.2405063	0.0821	81.4	81400	645.519429	0.0824	80.0000	634.9960412	0.0822	80.0000	634.9960412	0.0822		
80.1	80100	642.6307448	0.084	80.0	80800	639.2405063	0.0824	81.4	81400	645.519429	0.0827	81.1	81100	642.1219319	0.084	81.1	81100	642.1219319	0.084
80.1	80100	642.6307448	0.0837	80.0	80800	639.2405063	0.0828	81.4	81400	645.519429	0.083	81.1	81100	642.1219319	0.0835	81.1	81100	642.1219319	0.0835
81.1	81100	642.6307448	0.0837	81.1	81100	641.6139241	0.0831	81.4	81400	645.519429	0.0834	81.1	81100	642.1219319	0.0836	81.1	81100	642.1219319	0.0836
81.1	81100	642.6307448	0.084	81.1	81100	641.6139241	0.0834	81.4	81400	645.519429	0.0837	81.1	81100	642.1219319	0.0837	81.1	81100	642.1219319	0.0837
81.1	81100	642.6307448	0.084	81.1	81100	641.6139241	0.0838	81.4	81400	645.519429	0.0838	81.1	81100	642.1219319	0.0838	81.1	81100	642.1219319	0.0838
81.1	81100	642.6307448	0.0841	81.1	81100	641.6139241	0.0841	81.4	81400	645.519429	0.0841	81.1	81100	642.1219319	0.0839	81.1	81100	642.1219319	0.0839
81.1	81100	642.6307448	0.0845	81.1	81100	641.6139241	0.0845	81.4	81400	645.519429	0.0844	81.1	81100	642.1219319	0.0842	81.1	81100	642.1219319	0.0842
81.1	81100	642.6307448	0.0854	81.1	81100	641.6139241	0.0848	81.4	81400	645.519429	0.0848	81.1	81100	642.1219319	0.0845	81.1	81100	642.1219319	0.0845
81.1	81100	642.6307448	0.0857	81.1	81100	641.6139241	0.0851	81.4	81400	645.519429	0.0851	81.1	81100	642.1219319	0.0846	81.1	81100	642.1219319	0.0846
81.1	81100	642.6307448	0.086	81.1	81100	641.6139241	0.0855	81.4	81400	645.519429	0.0854	81.1	81100	642.1219319	0.0847	81.1	81100	642.1219319	0.0847
81.1	81100	642.6307448	0.0864	81.1	81100	641.6139241	0.0858	81.4	81400	645.519429	0.0861	81.1	81100	642.1219319	0.0849	81.1	81100	642.1219319	0.0849
81.1	81100	642.6307448	0.0867	81.1	81100	641.6139241	0.0861	81.4	81400	645.519429	0.0864	81.1	81100	642.1219319	0.0852	81.1	81100	642.1219319	0.0852
81.1	81100	642.6307448	0.0871	81.1	81100	641.6139241	0.0865	81.4	81400	645.519429	0.0868	81.1	81100	642.1219319	0.0855	81.1	81100	642.1219319	0.0855
81.1	81100	642.6307448	0.0874	81.1	81100	641.6139241	0.0868	81.4	81400	645.519429	0.0871	81.1	81100	642.1219319	0.0858	81.1	81100	642.1219319	0.0858
81.1	81100	642.6307448	0.0878	81.1	81100	641.6139241	0.0872	81.4	81400	645.519429	0.0875	81.1	81100	642.1219319	0.0861	81.1	81100	642.1219319	0.0861
81.1	81100	642.6307448	0.0881	81.1	81100	641.6139241	0.0875	81.4	81400	645.519429	0.0878	81.1	81100	642.1219319	0.0864	81.1	81100	642.1219319	0.0864
81.5	81500	645.800317	0.0884	81.5	81500	644.778481	0.0878	81.4	81400	645.519429	0.0881	81.1	81100	642.1219319	0.0867	81.1	81100	642.1219319	0.0867
81.5	81500	645.800317	0.0887	81.5	81500	644.778481	0.0881	81.5	81500	646.3124504	0.0882	82.3	82300	651.6231196	0.0886	82.3	82300	651.6231196	0.0886
81.5	81500	645.800317	0.0891	81.5	81500	644.778481	0.0885	81.5	81500	646.3124504	0.0888	82.3	82300	651.6231196	0.0889	82.3	82300	651.6231196	0.0889
81.5	81500	645.800317	0.0895	81.5	81500	644.778481	0.0889	81.5	81500	646.3124504	0.0892	82.3	82300	651.6231196	0.0892	82.3	82300	651.6231196	0.0892
81.5	81500	645.800317	0.0898	81.5	81500	644.778481	0.0892	81.5	81500	646.3124504	0.0895	82.3	82300	651.6231196	0.0895	82.3	82300	651.6231196	0.0895
81.5	81500	645.800317	0.09	81.5	81500	644.778481	0.0895	81.5	81500	646.3124504	0.0898	82.3	82300	651.6231196	0.0898	82.3	82300	651.6231196	0.0898
81.5	81500	645.800317	0.0905	81.5	81500	644.778481	0.0899	81.5	81500	646.3124504	0.0902	82.3	82300	651.6231196	0.0901	82.3	82300	651.6231196	0.0901
81.5	81500	645.800317	0.0908	81.5	81500	644.778481	0.0902	81.5	81500	646.3124504	0.0905	82.3	82300	651.6231196	0.0904	82.3	82300	651.6231196	0.0904
81.5	81500	645.800317	0.0912	81.5	81500	644.778481	0.0905	81.5	81500	646.3124504	0.0908	82.3	82300	651.6231196	0.0907	82.3	82300	651.6231196	0.0907
81.5	81500	645.800317	0.0915	81.5	81500	644.778481	0.0909	81.5</											

80.5	80500	637.3713381	0.0717
80.5	80500	637.3713381	0.0722
80.5	80500	637.3713381	0.0724
80.5	80500	637.3713381	0.0726
80.5	80500	637.3713381	0.0728
80.5	80500	637.3713381	0.0730
80.5	80500	637.3713381	0.0733
80.5	80500	637.3713381	0.0735
80.5	80500	637.3713381	0.0737
80.5	80500	637.3713381	0.0740
80.5	80500	637.3713381	0.0744
80.5	80500	637.3713381	0.0751
80.5	80500	637.3713381	0.0753
80.5	80500	637.3713381	0.0758
80.5	80500	637.3713381	0.0761
80.5	80500	637.3713381	0.0764
80	80000	633.4125099	0.0768
80	80000	633.4125099	0.0771
80	80000	633.4125099	0.0775
80	80000	633.4125099	0.0778
80	80000	633.4125099	0.0781
80.2	80200	634.9560412	0.0783
80.2	80200	634.9560412	0.0785
80.2	80200	634.9560412	0.0787
80.2	80200	634.9560412	0.0788
80.2	80200	634.9560412	0.0789
80.2	80200	634.9560412	0.0792
80.2	80200	634.9560412	0.0805
80.2	80200	634.9560412	0.0815
80.2	80200	634.9560412	0.0818
80.2	80200	634.9560412	0.0822
81.1	81100	642.1219319	0.0832
81.1	81100	642.1219319	0.0835
81.1	81100	642.1219319	0.0838
81.1	81100	642.1219319	0.0842
81.1	81100	642.1219319	0.0846
81.1	81100	642.1219319	0.0849
81.1	81100	642.1219319	0.0852
81.1	81100	642.1219319	0.0858
81.1	81100	642.1219319	0.0866
81.1	81100	642.1219319	0.0871
81.1	81100	642.1219319	0.0876
81.1	81100	642.1219319	0.0879
82.3	82300	651.6231196	0.0886
82.3	82300	651.6231196	0.0889
82.3	82300	651.6231196	0.0893
82.3	82300	651.6231196	0.0899
82.3	82300	651.6231196	0.0903
82.3	82300	651.6231196	0.0906
82.3	82300	651.6231196	0.0917
81.8	81800	647.6642914	0.0923
81.8	81800	647.6642914	0.0929
81.8	81800	647.6642914	0.0932
81.8	81800	647.6642914	0.0933
81.8	81800	647.6642914	0.0934
81.7	81700	646.8752527	0.0947
81.7	81700	646.8752527	0.0952
81.7	81700	646.8752527	0.0957
81.7	81700	646.8752527	0.0964
81.7	81700	646.8752527	0.0974
82.5	82500	653.2066508	0.0977
82.5	82500	653.2066508	0.0981
82.5	82500	653.2066508	0.0984
82.5	82500	653.2066508	0.0988
82.5	82500	653.2066508	0.0991
82.5	82500	653.2066508	0.0994
82.5	82500	653.2066508	0.0998
82.5	82500	653.2066508	1.0005
82.5	82500	653.2066508	1.0010
82.5	82500	653.2066508	1.0018
82.5	82500	653.2066508	1.0021
82.5	82500	653.2066508	1.0023
82.5	82500	653.2066508	1.0028
82.5	82500	653.2066508	1.0035
82.5	82500	653.2066508	1.0040
82.5	82500	653.2066508	1.0042
82.5	82500	653.2066508	1.0045
82.5	82500	653.2066508	1.0048
82.5	82500	653.2066508	1.0055
82.5	82500	653.2066508	1.0059
82.5	82500	653.2066508	1.0062
82.5	82500	653.2066508	1.0066
82.5	82500	653.2066508	1.0072
83.5	83500	661.1243072	0.1076
83.5	83500	661.1243072	0.1079
83.5	83500	661.1243072	0.1082
83.5	83500	661.1243072	0.1086

85.7	85.700	679.080241	0.1844	85.5	85500	676.424006	0.1831	85.6	85600	678.826323	0.1837	84.8	84800	671.4172605	0.1833
85.7	85.700	679.080241	0.1845	85.5	85500	676.424006	0.1834	85.6	85600	678.826323	0.1841	84.8	84800	671.4172605	0.1837
85.7	85.700	679.080241	0.185	85.5	85500	676.424006	0.1838	85.6	85600	678.826323	0.1844	84.8	84800	671.4172605	0.184
85.7	85.700	679.080241	0.1857	85.5	85500	676.424006	0.184	85.6	85600	678.826323	0.1847	84.8	84800	671.4172605	0.1843
85.7	85.700	679.080241	0.186	86.3	86300	682.731646	0.1846	85.6	85600	678.826323	0.1851	84.8	84800	671.4172605	0.1847
85.7	85.700	679.080241	0.1861	86.3	86300	682.731646	0.1848	85.6	85600	678.826323	0.1854	84.8	84800	671.4172605	0.185
85.7	85.700	679.080241	0.1864	86.3	86300	682.731646	0.1851	85.5	85500	678.033069	0.1858	84.8	84800	671.4172605	0.1853
85.7	85.700	679.080241	0.1867	86.3	86300	682.731646	0.1854	85.5	85500	678.033069	0.1861	84.8	84800	671.4172605	0.1857
85.7	85.700	679.080241	0.1871	86.3	86300	682.731646	0.1858	85.5	85500	678.033069	0.1864	84.8	84800	671.4172605	0.186
85.7	85.700	679.080241	0.1874	86.3	86300	682.731646	0.1861	85.5	85500	678.033069	0.1868	84.8	84800	671.4172605	0.1864
85.7	85.700	679.080241	0.1878	86.3	86300	682.731646	0.1865	85.5	85500	678.033069	0.1871	84.8	84800	671.4172605	0.1867
85.7	85.700	679.080241	0.188	86.3	86300	682.731646	0.1867	85.5	85500	678.033069	0.1874	84.8	84800	671.4172605	0.187
85.7	85.700	679.080241	0.1884	86.3	86300	682.731646	0.1872	85.5	85500	678.033069	0.1878	84.8	84800	671.4172605	0.1874
85.7	85.700	679.080241	0.1888	86.3	86300	682.731646	0.1875	85.5	85500	678.033069	0.1881	84.8	84800	671.4172605	0.1877
85.7	85.700	679.080241	0.1891	86.3	86300	682.731646	0.1878	85.5	85500	678.033069	0.1885	84.8	84800	671.4172605	0.188
85.7	85.700	679.080241	0.1895	86.3	86300	682.731646	0.1882	85.5	85500	678.033069	0.1888	84.8	84800	671.4172605	0.1884
85.7	85.700	679.080241	0.1898	86.3	86300	682.731646	0.1885	85.5	85500	678.033069	0.1891	84.8	84800	671.4172605	0.1888
85.7	85.700	679.080241	0.1901	86.3	86300	682.731646	0.1889	85.5	85500	678.033069	0.1895	84.8	84800	671.4172605	0.1891
85.7	85.700	679.080241	0.1905	86.3	86300	682.731646	0.1892	85.5	85500	678.033069	0.1898	84.8	84800	671.4172605	0.1894
85.7	85.700	679.080241	0.1908	86.3	86300	682.731646	0.1895	85.5	85500	678.033069	0.1902	84.8	84800	671.4172605	0.1897
85.7	85.700	679.080241	0.191	86.3	86300	682.731646	0.1898	85.5	85500	678.033069	0.1905	84.8	84800	671.4172605	0.1899
85.7	85.700	679.080241	0.1915	86.3	86300	682.731646	0.1902	85.5	85500	678.033069	0.1908	84.8	84800	671.4172605	0.1904
85.7	85.700	679.080241	0.1918	86.3	86300	682.731646	0.1905	85.5	85500	678.033069	0.1912	84.8	84800	671.4172605	0.1908
85.7	85.700	679.080241	0.1922	86.3	86300	682.731646	0.1909	85.5	85500	678.033069	0.1915	84.8	84800	671.4172605	0.1911
85.7	85.700	679.080241	0.1925	86.3	86300	682.731646	0.1912	85.5	85500	678.033069	0.1919	84.8	84800	671.4172605	0.1914
85.7	85.700	679.080241	0.1929	86.3	86300	682.731646	0.1916	85.5	85500	678.033069	0.1922	84.8	84800	671.4172605	0.1918
85.9	85900	680.6656101	0.1932	86.3	86300	682.731646	0.1919	85.5	85500	678.033069	0.1925	84.8	84800	671.4172605	0.1921
85.9	85900	680.6656101	0.1935	86.3	86300	682.731646	0.1922	85.5	85500	678.033069	0.1929	84.8	84800	671.4172605	0.1924
85.9	85900	680.6656101	0.1938	86.3	86300	682.731646	0.1925	85.5	85500	678.033069	0.1932	84.8	84800	671.4172605	0.1928
85.9	85900	680.6656101	0.1942	86.3	86300	682.731646	0.1929	85.5	85500	678.033069	0.1936	84.8	84800	671.4172605	0.1931
85.9	85900	680.6656101	0.1946	86.3	86300	682.731646	0.1932	85.5	85500	678.033069	0.1939	84.8	84800	671.4172605	0.1935
85.9	85900	680.6656101	0.1949	86.3	86300	682.731646	0.1936	85.5	85500	678.033069	0.1942	84.8	84800	671.4172605	0.1938
85.9	85900	680.6656101	0.1952	86.3	86300	682.731646	0.1939	85.5	85500	678.033069	0.1946	84.8	84800	671.4172605	0.1941
85.9	85900	680.6656101	0.1955	86.3	86300	682.731646	0.1943	85.5	85500	678.033069	0.1949	84.8	84800	671.4172605	0.1944
85.9	85900	680.6656101	0.1959	86.3	86300	682.731646	0.1946	85.5	85500	678.033069	0.1953	84.8	84800	671.4172605	0.1948
85.9	85900	680.6656101	0.1963	86.3	86300	682.731646	0.1949	85.5	85500	678.033069	0.1956	84.8	84800	671.4172605	0.1952
85.9	85900	680.6656101	0.1967	86.3	86300	682.731646	0.1953	85.5	85500	678.033069	0.1959	84.8	84800	671.4172605	0.1956
85.9	85900	680.6656101	0.197	86.3	86300	682.731646	0.1957	85.5	85500	678.033069	0.1962	84.8	84800	671.4172605	0.1959
85.4	85400	676.703645	0.3155	85.8	85800	678.974884	0.1943	86.2	86200	683.844568	0.1973	85.8	85800	679.334919	0.3140

BARRAS DE ACERO NUEVAS DE MEDIDAS 3/8"

BARRA 1				BARRA 2				BARRA 3				BARRA 4			
Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo o (MPa)	ε(mm/mm)	Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo o (MPa)	ε(mm/mm)	Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo o (MPa)	ε(mm/mm)	Carga max(KN)	Carga max (N)	Esfuerzo o (MPa)	ε(mm/mm)
39.1	39100	310.07137	0	39.9	39900	315.66456	0	39	39000	310.50955	0	39.6	39600	315.78947	0
39.1	39100	310.07137	0.0003	39.9	39900	317.67516	0.0003	39	39000	309.27835	0.0003	39.6	39600	315.78947	0.0003
39.1	39100	310.07137	0.0007	39.9	39900	317.67516	0.0007	39.9	39900	309.27835	0.0007	39.6	39600	315.78947	0.0007
39.1	39100	310.07137	0.001	39.1	39100	311.30573	0.001	38.4	38400	304.52022	0.001	39.5	39500	314.99203	0.001
39.1	39100	310.07137	0.0014	39.1	39100	311.30573	0.0013	38.4	38400	304.52022	0.0014	39.9	39900	318.18182	0.0014
39.8	39800	315.62252	0.0017	39.1	39100	311.30573	0.0017	38.4	38400	304.52022	0.0017	39.9	39900	318.18182	0.0017
39.8	39800	315.62252	0.002	40.7	40700	324.04459	0.002	39.8	39800	315.62252	0.002	39.9	39900	318.18182	0.002
39.8	39800	315.62252	0.0024	40.7	40700	324.04459	0.0024	39.8	39800	315.62252	0.0024	39.9	39900	318.18182	0.0024
39.8	39800	315.62252	0.0027	40.7	40700	324.04459	0.0027	39.8	39800	315.62252	0.0027	39.9	39900	318.18182	0.0027
39.8	39800	315.62252	0.003	40.7	40700	324.04459	0.003	39.8	39800	315.62252	0.0031	39.9	39900	318.18182	0.003
39.8	39800	315.62252	0.0034	40.7	40700	324.04459	0.0034	39.8	39800	315.62252	0.0034	39.9	39900	318.18182	0.0034
39.8	39800	315.62252	0.0037	40.7	40700	324.04459	0.0037	39.8	39800	315.62252	0.0037	39.9	39900	318.18182	0.0037
50.3	50300	398.88977	0.0041	40.7	40700	324.04459	0.004	39.8	39800	315.62252	0.0041	39.9	39900	318.18182	0.0041
50.3	50300	398.88977	0.0044	40.7	40700	324.04459	0.0044	39.8	39800	315.62252	0.0044	39.9	39900	318.18182	0.0044
50.3	50300	398.88977	0.0047	50.3	50300	400.47771	0.0047	39.8	39800	315.62252	0.0048	39.9	39900	318.18182	0.0047
50.3	50300	398.88977	0.0051	50.3	50300	400.47771	0.0051	49.6	49600	393.33862	0.0051	39.9	39900	318.18182	0.0051
50.3	50300	398.88977	0.0054	50.3	50300	400.47771	0.0054	49.6	49600	393.33862	0.0054	39.9	39900	318.18182	0.0054
50.3	50300	398.88977	0.0057	50.3	50300	400.47771	0.0057	49.6	49600	393.33862	0.0058	39.9	39900	318.18182	0.0058
50.3	50300	398.88977	0.0061	50.3	50300	400.47771	0.0061	49.6	49600	393.33862	0.0061	39.9	39900	318.18182	0.0061
50.3	50300	398.88977	0.0064	50.3	50300	400.47771	0.0064	49.6	49600	393.33862	0.0065	50.2	50200	400.31898	0.0064
50.3	50300	398.88977	0.0068	50.3	50300	400.47771	0.0068	49.6	49600	393.33862	0.0068	50.2	50200	400.31898	0.0068
50.3	50300	398.88977	0.0071	50.3	50300	400.47771	0.0071	49.6	49600	393.33862	0.0072	50.2	50200	400.31898	0.0071
50.3	50300	398.88977	0.0074	50.3	50300	400.47771	0.0074	49.6	49600	393.33862	0.0075	50.2	50200	400.31898	0.0074
50.3	50300	398.88977	0.0078	50.3	50300	400.47771	0.0078	49.6	49600	393.33862	0.0078	50.2	50200	400.31898	0.0078
50.3	50300	398.88977	0.0081	50.3	50300	400.47771	0.0081	49.6	49600	393.33862	0.0082	50.2	50200	400.31898	0.0081
50.3	50300	398.88977	0.0084	50.3	50300	400.47771	0.0084	49.6	49600	393.33862	0.0085	50.2	50200	400.31898	0.0085
50.3	50300	398.88977	0.0088	50.3	50300	400.47771	0.0088	50.5	50500	402.07006	0.0088	49.6	49600	393.33862	0.0088
50.5	50500	400.47581	0.0091	50.5	50500	402.07006	0.0091	49.6	49600	393.33862	0.0092	49.6	49600	395.53429	0.0091
50.5	50500	400.47581	0.0095	50.5	50500	402.07006	0.0094	49.6	49600	393.33862	0.0095	49.6	49600	395.53429	0.0095
50.5	50500	400.47581	0.0098	50.5	50500	402.07006	0.0098	49.6	49600	393.33862	0.0099	49.6	49600	395.53429	0.0098
50.5	50500	400.47581	0.0101	50.5	50500	402.07006	0.0101	50.5	50500	400.47581	0.0102	49.6	49600	395.53429	0.0102
50.5	50500	400.47581	0.0105	50.5	50500	402.07006	0.0105	50.5	50500	400.47581	0.0106	49.6	49600	395.53429	0.0105
50.5	50500	400.47581	0.0108	50.5	50500	402.07006	0.0108	50.5	50500	400.47581	0.0109	49.6	49600	395.53429	0.0108
50.5	50500	400.47581	0.0111	50.5	50500	402.07006	0.0111	50.5	50500	400.47581	0.0112	49.6	49600	395.53429	0.0112
50.5	50500	400.47581	0.0115	50.5	50500	402.07006	0.0115	50.5	50500	400.47581	0.0116	49.6	49600	395.53429	0.0115
50.5	50500	400.47581	0.0118	50.5	50500	402.07006	0.0118	50.5	50500	400.47581	0.0119	49.6	49600	395.53429	0.0119
50.5	50500	400.47581	0.0122	50.5	50500	402.07006	0.0121	50.5	50500	400.47581	0.0123	49.6	49600	395.53429	0.0122
50.5	50500	400.47581	0.0125	50.5	50500	402.07006	0.0125	50.5	50500	400.47581	0.0126	49.6	49600	395.53429	0.0125
51	51000	404.44092	0.0128	51.2	51200	407.64331	0.0128	50.5	50500	400.47581	0.0129	49.6	49600	395.53429	0.0129
51	51000	404.44092	0.0132	51.2	51200	407.64331	0.0132	50.5	50500	400.47581	0.0133	49.6	49600	395.53429	0.0132
51	51000	404.44092	0.0135	51.2	51200	407.64331	0.0135	50.6	50600	401.26883	0.0136	51	51000	406.69856	0.0135
51	51000	404.44092	0.0139	51.2	51200	407.64331	0.0138	50.6	50600	401.26883	0.014	51	51000	406.69856	0.0139
51	51000	404.44092	0.0142	51.2	51200	407.64331	0.0142	50.6	50600	401.26883	0.0143	51	51000	406.69856	0.0142
51	51000	404.44092	0.0145	51.2	51200	407.64331	0.0145	50.6	50600	401.26883	0.0146	51	51000	406.69856	0.0146
51	51000	404.44092	0.0149	51.2	51200	407.64331	0.0148	50.6	50600	401.26883	0.015	51	51000	406.69856	0.0149
51	51000	404.44092	0.0152	51.2	51200	407.64331	0.0152	50.6	50600	401.26883	0.0153	51	51000	406.69856	0.0152
51	51000	404.44092	0.0155	51.2	51200	407.64331	0.0155	50.6	50600	401.26883	0.0157	51	51000	406.69856	0.0156
51	51000	404.44092	0.0159	51.2	51200	407.64331	0.0159	50.6	50600	401.26883	0.016	51	51000	406.69856	0.0159
51	51000	404.44092	0.0162	51.2	51200	407.64331	0.0162	50.6	50600	401.26883	0.0163	51	51000	406.69856	0.0163
51	51000	404.44092	0.0166	51.7	51700	411.6242	0.0165	50.6	50600	401.26883	0.0167	51	51000	406.69856	0.0166
51	51000	404.44092	0.0169	51.7	51700	411.6242	0.0169	50.6	50600	401.26883	0.017	51.5	51500	410.68581	0.0169
51.3	51300	406.81998	0.0172	51.7	51700	411.6242	0.0172	50.6	50600	401.26883	0.0174	51.5	51500	410.68581	0.0173
51.3	51300	406.81998	0.0176	51.7	51700	411.6242	0.0175	50.6	50600	401.26883	0.0177	51.5	51500	410.68581	0.0176
51.3	51300	406.81998	0.0179	51.7	51700	411.6242	0.0179	50.6	50600	401.26883	0.018	51.5	51500	410.68581	0.0179
51.3	51300	406.81998	0.0182	51.7	51700	411.6242	0.0182	51.1	51100	405.23394	0.0184	51.5	51500	410.68581	0.0183
51.3	51300	406.81998	0.0186	51.7	51700	411.6242	0.0186	51.1	51100	405.23394	0.0187	51.5	51500	410.68581	0.0186
51.3	51300	406.81998	0.0189	51.7	51700	411.6242	0.0189	51.1	51100	405.23394	0.0191	51.5	51500	410.68581	0.019
51.3	51300	406.81998	0.0193	51.7	51700	411.6242	0.0192	51.1	51100	405.23394	0.0194	51.5	51500	410.68581	0.0193
51.3	51300	406.81998	0.0196	51.7	51700	411.6242	0.0196	51.1	51100	405.23394	0.0198	51.5	51500	410.68581	0.0196
51.5	51500	408.40603	0.0199	52.2	52200	415.6051	0.0199	51.5	51500	408.40603	0.0201	51.5	51500	410.68581	0.02
51.5	51500	408.40603	0.0203	52.2	52200	415.6051	0.0202	51.5	51500	408.40603	0.0204	51	51000	406.69856	0.0203
51.5	51500	408.40603	0.0206	52.2	52200	415.6051	0.0206	51.5	51500	408.40603	0.0208	51	51000	406.69856	0.0207
51.5	51500	408.40603	0.0209	52.2	52200	415.6051	0.0209	51.5	51500	408.40603	0.0211	51	51000	406.69856	0.021
51.5	51500	408.40603	0.0213	52.2	52200	415.6051	0.0213	51.5	51500	408.40603	0.0215	51	51000	406.69856	0.0213
51.9	51900	411.57811	0.0216	52.2	52200	415.6051	0.0216	51.5	51500	408.40603	0.0218	51	51000	406.69856	0.0217
51.9	51900	411.57811	0.0219	52.2	52200	415.6051	0.0219	51.5	51500	408.40603	0.0221	51	51000	406.69856	0.0221
51.9	51900	411.57811	0.0223	52.2	52200	415.6051	0.0223	51.5	51500	408.40603	0.0225	51	51000	406.69856	0.0223
51.9	51900	411.57811	0.02												

55.5	55500	540.12688	0.1688	55.7	55700	543.47134	0.1684	55.5	55500	540.12688	0.1699	55.6	55600	543.38118	0.169
55.5	55500	540.12688	0.1689	55.7	55700	543.47134	0.1687	55.5	55500	540.12688	0.1703	55.6	55600	543.38118	0.1693
55.5	55500	540.12688	0.1693	55.7	55700	543.47134	0.1691	55.5	55500	540.12688	0.1706	55.6	55600	543.38118	0.1696
55.5	55500	540.12688	0.1696	55.7	55700	543.47134	0.1694	55.5	55500	540.12688	0.1709	55.6	55600	543.38118	0.17
55.5	55500	540.12688	0.1698	55.7	55700	543.47134	0.1697	54.6	54600	543.98969	0.1712	55.6	55600	543.38118	0.1703
55.5	55500	540.12688	0.1703	55.7	55700	543.47134	0.1701	54.6	54600	543.98969	0.1716	55.6	55600	543.38118	0.1707
55.5	55500	540.12688	0.1706	55.7	55700	543.47134	0.1704	54.6	54600	543.98969	0.172	55.6	55600	543.38118	0.171
55.5	55500	540.12688	0.1709	55.7	55700	543.47134	0.1708	54.6	54600	543.98969	0.1723	55.6	55600	543.38118	0.1713
55.5	55500	540.12688	0.1713	55.7	55700	543.47134	0.1711	54.6	54600	543.98969	0.1726	55.6	55600	543.38118	0.1717
55.5	55500	540.12688	0.1716	55.7	55700	543.47134	0.1714	54.6	54600	543.98969	0.173	55.6	55600	543.38118	0.172
55.5	55500	540.12688	0.172	55.7	55700	543.47134	0.1718	54.6	54600	543.98969	0.1733	55.6	55600	543.38118	0.1723
55.5	55500	540.12688	0.1723	55.7	55700	543.47134	0.1721	54.6	54600	543.98969	0.1737	55.6	55600	543.38118	0.1727
55.5	55500	540.12688	0.1726	55.7	55700	543.47134	0.1724	54.6	54600	543.98969	0.174	55.6	55600	543.38118	0.173
55.5	55500	540.12688	0.173	55.7	55700	543.47134	0.1728	54.6	54600	543.98969	0.1743	55.6	55600	543.38118	0.1734
55.5	55500	540.12688	0.1733	55.5	55500	541.87898	0.1731	54.6	54600	543.98969	0.1747	55.6	55600	543.38118	0.1737
55.5	55500	540.12688	0.1736	55.5	55500	541.87898	0.1735	54.6	54600	543.98969	0.175	55.6	55600	543.38118	0.174
55.5	55500	540.12688	0.1739	55.5	55500	541.87898	0.1738	54.6	54600	543.98969	0.1754	55.6	55600	543.38118	0.1743
55.5	55500	540.12688	0.1743	55.5	55500	541.87898	0.1741	54.6	54600	543.98969	0.1757	55.6	55600	543.38118	0.1747
55.5	55500	540.12688	0.1747	55.5	55500	541.87898	0.1745	54.6	54600	543.98969	0.176	55.6	55600	543.38118	0.1751
55.5	55500	540.12688	0.175	55.5	55500	541.87898	0.1748	54.6	54600	543.98969	0.1764	55.6	55600	543.38118	0.1754
55.5	55500	540.12688	0.1753	55.5	55500	541.87898	0.1751	54.6	54600	543.98969	0.1768	55.6	55600	543.38118	0.1758
55.5	55500	540.12688	0.1757	55.5	55500	541.87898	0.1755	54.6	54600	543.98969	0.1771	55.6	55600	543.38118	0.1761
55.5	55500	540.12688	0.176	55.5	55500	541.87898	0.1758	54.6	54600	543.98969	0.1774	55.6	55600	543.38118	0.1764
55.5	55500	540.12688	0.1764	55.5	55500	541.87898	0.1762	54.6	54600	543.98969	0.1778	55.5	55500	542.58373	0.1767
55.5	55500	540.12688	0.1767	55.5	55500	541.87898	0.1766	54.6	54600	543.98969	0.1781	55.5	55500	542.58373	0.1771
55.5	55500	540.12688	0.177	55.5	55500	541.87898	0.1769	54.6	54600	543.98969	0.1785	55.5	55500	542.58373	0.1775
55.5	55500	540.12688	0.1774	55.5	55500	541.87898	0.1772	54.6	54600	543.98969	0.1788	55.5	55500	542.58373	0.1778
55.5	55500	540.12688	0.1777	55.5	55500	541.87898	0.1775	54.6	54600	543.98969	0.1791	55.5	55500	542.58373	0.1781
55.5	55500	540.12688	0.178	55.5	55500	541.87898	0.1778	54.6	54600	543.98969	0.1795	55.5	55500	542.58373	0.1784
55.5	55500	540.12688	0.1784	55.5	55500	541.87898	0.1782	54.6	54600	543.98969	0.1798	55.5	55500	542.58373	0.1788
55.5	55500	540.12688	0.1787	55.5	55500	541.87898	0.1785	54.6	54600	543.98969	0.1801	55.5	55500	542.58373	0.1791
55.5	55500	540.12688	0.179	55.5	55500	541.87898	0.1789	54.6	54600	543.98969	0.1805	55.5	55500	542.58373	0.1795
55.5	55500	540.12688	0.1794	55.5	55500	541.87898	0.1792	54.6	54600	543.98969	0.1808	55.5	55500	542.58373	0.1798
55.5	55500	540.12688	0.1797	55.5	55500	541.87898	0.1795	54.6	54600	543.98969	0.184	55.5	55500	542.58373	0.1801

BARRAS DE ACERO USADAS DE MEDIDAS 3/8"

BARRA 1			
Carga max(kN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)
39.6	39600	313.78764	0
39.6	39600	313.78764	0.0003
39.6	39600	313.78764	0.0007
39.6	39600	313.78764	0.0013
38.9	38900	308.24089	0.0014
38.9	38900	308.24089	0.0017
38.9	38900	308.24089	0.002
38.9	38900	308.24089	0.0024
38.9	38900	308.24089	0.0027
38.9	38900	308.24089	0.0031
38.9	38900	308.24089	0.0034
38.9	38900	308.24089	0.0037
38.9	38900	308.24089	0.0041
38.9	38900	308.24089	0.0044
38.9	38900	308.24089	0.0048
38.9	38900	308.24089	0.0051
38.9	38900	308.24089	0.0054
49.4	49400	393.44216	0.0058
49.4	49400	393.44216	0.0061
49.4	49400	393.44216	0.0065
49.4	49400	393.44216	0.0068
49.4	49400	393.44216	0.0071
49.4	49400	393.44216	0.0075
49.4	49400	393.44216	0.0078
49.4	49400	393.44216	0.0082
49.4	49400	393.44216	0.0086
50.1	50100	396.98891	0.0088
50.1	50100	396.98891	0.0092
50.1	50100	396.98891	0.0095
50.1	50100	396.98891	0.0099
50.1	50100	396.98891	0.0102
50.1	50100	396.98891	0.0105
50.1	50100	396.98891	0.0109
50.1	50100	396.98891	0.0112
50.1	50100	396.98891	0.0116
50.1	50100	396.98891	0.0119
50.1	50100	396.98891	0.0122
51.5	51500	408.08241	0.0126
51.5	51500	408.08241	0.0129
51.5	51500	408.08241	0.0133
51.5	51500	408.08241	0.0136
51.5	51500	408.08241	0.0139
51.5	51500	408.08241	0.0143
51.5	51500	408.08241	0.0146
51.5	51500	408.08241	0.015
51.5	51500	408.08241	0.0153
51.5	51500	408.08241	0.0156
51.5	51500	408.08241	0.016
50.8	50800	402.53566	0.0163
50.8	50800	402.53566	0.0167
50.8	50800	402.53566	0.017
50.8	50800	402.53566	0.0173
50.8	50800	402.53566	0.0177
50.8	50800	402.53566	0.018
50.8	50800	402.53566	0.0184
50.8	50800	402.53566	0.0187
50.8	50800	402.53566	0.019
50.8	50800	402.53566	0.0194
50.8	50800	402.53566	0.0197
50.8	50800	402.53566	0.0201
51.5	51500	408.08241	0.0204
51.5	51500	408.08241	0.0207
51.5	51500	408.08241	0.021
51.5	51500	408.08241	0.0214
51.5	51500	408.08241	0.0218
51.5	51500	408.08241	0.0221
51.5	51500	408.08241	0.0224
51.5	51500	408.08241	0.0228
51.5	51500	408.08241	0.0231
51.5	51500	408.08241	0.0235
52.1	52100	412.83677	0.0238
52.1	52100	412.83677	0.0241
52.1	52100	412.83677	0.0245
52.1	52100	412.83677	0.0248
52.1	52100	412.83677	0.0252
52.1	52100	412.83677	0.0255
52.1	52100	412.83677	0.0259
52	52000	412.04337	0.0262
52	52000	412.04337	0.0265
52	52000	412.04337	0.0269
52	52000	412.04337	0.0272
52	52000	412.04337	0.0276
52.4	52400	415.21395	0.0279
52.4	52400	415.21395	0.0282
52.4	52400	415.21395	0.0286
52.4	52400	415.21395	0.0289
52.4	52400	415.21395	0.0293
52.4	52400	415.21395	0.0296
52.4	52400	415.21395	0.0299
52.4	52400	415.21395	0.0303
52.4	52400	415.21395	0.0306
52.4	52400	415.21395	0.031
52.4	52400	415.21395	0.0313
52.4	52400	415.21395	0.0316
52.4	52400	415.21395	0.032
52.4	52400	415.21395	0.0323
52.4	52400	415.21395	0.0327
52.4	52400	415.21395	0.033
52.4	52400	415.21395	0.0335
53.6	53600	424.72266	0.0338
53.6	53600	424.72266	0.034
53.6	53600	424.72266	0.0344
53.6	53600	424.72266	0.0347
53.6	53600	424.72266	0.035
53.6	53600	424.72266	0.0354
53.6	53600	424.72266	0.0357
53.6	53600	424.72266	0.0361
53.6	53600	424.72266	0.0364
53.6	53600	424.72266	0.0367
53.6	53600	424.72266	0.0371
53.6	53600	424.72266	0.0374
53.6	53600	424.72266	0.0378
53.6	53600	424.72266	0.0381
53.2	53200	421.55309	0.0383

BARRA 2			
Carga max(kN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)
39.2	39200	310.12658	0
39.2	39200	310.12658	0.0003
39.2	39200	310.12658	0.0007
39.2	39200	310.12658	0.0013
39.2	39200	310.12658	0.0014
39.2	39200	310.12658	0.0017
39.2	39200	310.12658	0.002
39.2	39200	310.12658	0.0024
39.2	39200	310.12658	0.0027
39.2	39200	310.12658	0.003
39.2	39200	310.12658	0.0034
39.2	39200	310.12658	0.0037
39.2	39200	310.12658	0.0041
50.3	50300	397.94304	0.0044
50.3	50300	397.94304	0.0047
50.3	50300	397.94304	0.0051
50.3	50300	397.94304	0.0054
50.3	50300	397.94304	0.0058
50.3	50300	397.94304	0.0061
50.3	50300	397.94304	0.0064
50.3	50300	397.94304	0.0068
50.3	50300	397.94304	0.0071
50.3	50300	397.94304	0.0074
50.3	50300	397.94304	0.0078
50.2	50200	397.15319	0.0081
50.2	50200	397.15319	0.0084
50.2	50200	397.15319	0.0088
50.2	50200	397.15319	0.0091
50.3	50500	399.52532	0.0095
50.5	50500	399.52532	0.0098
50.5	50500	399.52532	0.0101
50.5	50500	399.52532	0.0105
50.5	50500	399.52532	0.0108
50.5	50500	399.52532	0.0113
50.5	50500	399.52532	0.0116
50.5	50500	399.52532	0.0119
50.5	50500	399.52532	0.0122
51	51000	403.48101	0.0126
51	51000	403.48101	0.0128
51	51000	403.48101	0.0131
51	51000	403.48101	0.0135
51	51000	403.48101	0.0139
51	51000	403.48101	0.0143
51	51000	403.48101	0.0145
51	51000	403.48101	0.0149
51	51000	403.48101	0.0152
51	51000	403.48101	0.0155
51	51000	403.48101	0.0159
51	51000	403.48101	0.0162
51.6	51600	408.27785	0.0166
51.6	51600	408.27785	0.0169
51.6	51600	408.27785	0.0172
51.6	51600	408.27785	0.0176
51.6	51600	408.27785	0.0179
51.6	51600	408.27785	0.0182
52.3	52300	413.76582	0.0186
52.3	52300	413.76582	0.0193
52.3	52300	413.76582	0.0196
52.3	52300	413.76582	0.02
52.3	52300	413.76582	0.0203
52.3	52300	413.76582	0.0207
52.3	52300	413.76582	0.0209
52.3	52300	413.76582	0.0213
52.3	52300	413.76582	0.0216
51.2	51200	405.06329	0.022
51.2	51200	405.06329	0.0223
51.2	51200	405.06329	0.0226
51.2	51200	405.06329	0.023
51.2	51200	405.06329	0.0233
51.2	51200	405.06329	0.0236
51.2	51200	405.06329	0.024
51.2	51200	405.06329	0.0243
51.2	51200	405.06329	0.0247
51.2	51200	405.06329	0.025
51.2	51200	405.06329	0.0253
51.2	51200	405.06329	0.0257
52.2	52200	412.97468	0.026
52.2	52200	412.97468	0.0264
52.2	52200	412.97468	0.0267
52.2	52200	412.97468	0.027
52.2	52200	412.97468	0.0274
52.2	52200	412.97468	0.0277
52.2	52200	412.97468	0.028
52.2	52200	412.97468	0.0284
52.2	52200	412.97468	0.0288
52.2	52200	412.97468	0.0291
52.2	52200	412.97468	0.0294
52.2	52200	412.97468	0.0297
52.2	52200	412.97468	0.0301
52.2	52200	412.97468	0.0304
52.2	52200	412.97468	0.0307
52.2	52200	412.97468	0.0311
52.2	52200	412.97468	0.0314
52.2	52200	412.97468	0.0318
52.2	52200	412.97468	0.0321
52.2	52200	412.97468	0.0324
52.2	52200	412.97468	0.0328
52.2	52200	412.97468	0.0331
52.2	52200	412.97468	0.0334
52.2	52200	412.97468	0.0338
52.2	52200	412.97468	0.0341
52.2	52200	412.97468	0.0345
52.2	52200	412.97468	0.0348
52.2	52200	412.97468	0.0351
52.9	52900	418.51266	0.0355
52.9	52900	418.51266	0.0358
52.9	52900	418.51266	0.0361
52.9	52900	418.51266	0.0364
52.9	52900	418.51266	0.0367
52.9	52900	418.51266	0.037
52.9	52900	418.51266	0.0372
52.9	52900	418.51266	0.0375
52.9	52900	418.51266	0.0378
52.9	52900	418.51266	0.0382

BARRA 3			
Carga max(kN)	Carga max (N)	Esfuerzo σ (MPa)	ϵ (mm/mm)
39.3	39300	311.6574148	0
39.3	39300	311.6574148	0.0003
39.3	39300	311.6574148	0.0007
39.1	39100	310.01731719	0.001
39.1	39100	310.01731719	0.0014
39.1	39100	310.01731719	0.0017
39.8	39800	315.6225218	0.002
39.8	39800	315.6225218	0.0024
39.8	39800	315.6225218	0.0027
39.8	39800	315.6225218	0.0031
39.8	39800	315.6225218	0.0034
39.8	39800	315.6225218	0.0037
39.8	39800	315.6225218	0.0041
39.8	39800	315.6225218	0.0044
39.8	39800	315.6225218	0.0047
39.8	39800	315.6225218	0.0051
39.8	39800	315.6225218	0.0054
39.8	39800	315.6225218	0.0058
39.8	39800	315.6225218	0.0061
39.8	39800	315.6225218	0.0064
39.8	39800	315.6225218	0.0068
39.8	39800	315.6225218	0.0071
39.8	39800	315.6225218	0.0075
39.8	39800	315.6225218	0.0078
39.8	39800	315.6225218	0.0081
39.8	39800	315.6225218	0.0084
39.8	39800	315.6225218	0.0087
39.8	39800	315.6225218	0.009
39.8	39800	315.6225218	0.0093
39.8	39800	315.6225218	0.0096
39.8	39800	315.6225218	0.0099
39.8	39800	315.6225218	0.0102
39.8	39800	315.6225218	0.0105
39.8	39800	315.6225218	0.0108
39.8	39800	315.6225218	0.0111
39.8	39800	315.6225218	0.0114
39.8	39800	315.6225218	0.0117
39.8	39800	315.6225218	0.012
39.8	39800	315.6225218	0.0123
39.8	39800	315.6225218	0.0126
39.8	39800	315.6225218	0.0129
39.8	39800	315.6225218	0.0132
39.8	39800	315.6225218	0.0135
39.8	39800	315.6225218	0.0138
39.8	39800	315.6225218	0.0141
39.8	39800	315.6225218	0.0144
39.8	39800	315.6225218	0.0147
39.8	39800	315.6225218	0.015
39.8	39800	315.6225218	0.0153
39.8	39800	315.6225218	0.0156
39.8	39800	315.6225218	0.0159
39.8	39800	315.6225218	0.0162
39.8	39800	315.6225218	0.0165
39.8	39800	315.6225218	0.0168
39.8	39800	315.6225218	0.0171
39.8	39800	315.6225218	0.0174
39.8	39800	315.6225218	0.0177
39.8	39800	315.6225218	0.018
39.8	39800	315.6225218	0.0183
39.8	39800	315.6225218	0.0186
39.8	39800	315.6225218	0.0189
39.8	39800	315.6225218	0.0192
39.8	39800	315.6225218	0.0195
39.8	39800	315.6225218	0.0198
39.8	39800	315.6225218	0.0201
39.8	39800	315.6225218	0.0204
39.8	39800	315.6225218	0.0207
39.8	39800	315.6225218	0.021
39.8	39800	315.6225218	0.0213
39.8	39800	315.6225218	0.0216
39.8	39800	315.6225218	0.0219
39.8	39800	315.6225218	0.0222
39.8	39800	315.6225218	0.0225
39.8	39800	315.6225218	0.0228
39.8	39800	315.6225218	0.0231
39.8	39800	315.6225218	0.0234
39.8	39800	315.6225218	0.0237
39.8	39800	315.6225218	0.024
39.8	39800	315.6225218	0.0243
39.8	39800	315.6225218	0.0246
39.8	39800	315.6225218	0.0249
39.8	39800	315.6225218	0.0252
39.8	39800	315.6225218	0.0255
39.8	39800	315.6225218	0.0258
39.8	39800	315.6225218	0.0261
39.8	39800	315.6225218	0.0264
39.8	39800	315.6225218	0.0267
39.8	39800	315.6225218	0.027
39.8	39800	315.6225218	0.0273
39.8	39800	315.6225218	0.0276
39.8	39800	315.6225218	0.0279
39.8	39800	315.6225218	0.0282
39.8	39800	315.6225218	0.0285
39.8	39800	315.6225218	0.0288
39.8	39800	315.6225218	0.0291
39.8	39800	315.6225218	0.0294
39.8	39800	315.6225218	0.0297
39.8	39800	315.6225218	0.03
39.8	39800	315.6225218	0.0303
39.8	39800	315.6225218	0.0306
39.8	39800	315.6225218	0.0309
39.8	39800	315.6225218	0.0312
39.8	39800	315.6225218	0.0315
39.8	39800	315.6225218	0.0318
39.8	39800	315.6225218	0.0321
39.8	39800	315.6225218	0.0324
39.8	39800	315.6225218	0.0327
39.8	39800	315.6225218	0.033
39.8	39800	315.6225218	0.0333
39.8	39800	315.6225218	0.0336
39.8	39800	315.6225218	0.0339
39.8	39800	315.6225218	0.0342
39.8	39800	315.6225218	0.0345
39.8	39800	315.6225218	0.0348
39.8	39800	315.6225218	0.0351
39.8	39800	315.6225218	0.0354
39.8	39800	315.6225218	0.0357
39.8	39800	315.6225218	0.036
39.8	39800	315.6225218	0.0363
39.8	39800	315.6225218	0.0366
39.8	39800	315.6225218	0.0369
39.8	39800	315.6225218	0.0372
39.8	39800	315.6225218	0.0375
39.8	39800	315.6225218	0.0378
39.8	39800	315.6225218	0.0381
39.8	39800	315.6225218	0.0384
39.8	39800	315.6225218	0.0387
39.8	39800	315.6225218	0.039
39.8	39800	315.6225218	0.0393
39.8	39800	315.6225218	0.0396
39.8	39800	315.6225218	0.0399
39.8	39800	315.6225218	0.0402
39.8	39800	315.6225218	0.0405
39.8	39800	315.6225218	0.0408
39.8	39800	315.6225218	0.0411
39.8	39800	315.6225218	0.0414
39.8	39800	315.6225218	0.0417
39.8	39800	315.6225218	0.042
39.8	39800	315.6225218	0.0423
39.8	39800	315.6225218	0.0426
39.8	39800	315.6225218	0.0429
39.8	39800	315.6225218	0.0432
39.8	39800	315.6225218	0.0435
39.8	39800	315.6225218	0.0438
39.8	39800	315.6225218	0.0441
39.8	39800	315.6225218	0.0444
39.8	39800	315.6225218	0.0447
39.8	39800	315.6225218	0.045
39.8	39800	315.6225218	0.0453
39.8	39800	315.6225218	0.0456
39.8	39800	315.6225218	0.0459
39.8	39800	315.6225218	0.0462
39.8	39800	315.6225218	0.0465
39.8	39800	315.6225218	0.0468
39.8	39800	315.6225218	0.0471
39.8	39800	315.6225218	0.0474
39.8	39800	315.6225218	0.0477
39.8	39800	315.6225218	0.048
39.8	39800	315.6225218	0.0483
39.8	39800	315.6225218	0.0486
39.8	39800	315.6225218	0.0489
39.8	39800	315.6225218	0.0492
39.8	39800	315.6225218	0.0495
39.8	39800	315.6225218	0.0498
39.8	39800	315.6225218	0.0501
39.8	39800	315.6225218	0.0504
39.8	39800	315.6225218	0.0507
39.8	39800	315.6225218	0.051
39.8	39800	315.6225218	0.0513
39.8	39800	315.6225218	0.0516
39.8	39800	315.6225218	0.0519
39.8	39800	315.6225218	0.0522
39.8	39800	315.6225218	0.0525
39.8	39800	315.6225218	0.0528
39.8	39800	315.6225218	0.0531
39.8	39800	315.6225218	0.0534
39.8	39800	315.6225218	0.0537
39.8	39800	315.6225218	0.054
39.8	39800	315.6225218	0.0543
39.8	39800	315.6225218	0.0546
39.8	39800	315.6225218	0.0549
39.8	39800	315.6225218	0.0552
39.8	39800	315.6225218	0.0555
39.8	39800	315.6225218	0.0558
39.8	39800	315.6225218	0.0561
39.8	39800	315.6225218	0.0564
39.8	39800	315.6225218	0.0567
39.8	39800	315.6225218	0.057
39.8	39800	315.6225218	0.0573
39.8	39800	315.6225218	0.0576
39.8	39800	315.6225218	0.0579
39.8	39800	315.6225218	0.0582
39.8	39800	315.6225218	0.0585
39.8	39800	315.6225218	0.0588
39.8	39800	315.6225218	0.0591
39.8	39800	315.6225218	0.0594
39.8	39800	315.6225218	0.0597
39.8	39800	315.6225218	0.06
39.8	39800	315.6225218	0.0603
39.8	39800	315.6225218	0.0606
39.8	39800	315.6225218	0.0609
39.8	39800	315.6225218	0.0612
39.8	39800	315.6225218	0.0615
39.8	39800	315.6225218	0.0618
39.8	39800	315.6225218	0.0621
39.8	39800	315.6225218	0.0624
39.8	39800	315.6225218	0.0627
39.8	39800	315.6225218	0.063
39.8	39800	315.6225218	0.0633
39.8	39800	315.6225218	0.0636
39.8	39800	315.6225218	0.0639
39.8	39800	315.6225218	0.0642
39.8	39800	315.6225218	0.0645
39.8	39800	315.6225218	0.0648
39.8	39800	315.6225218	0.0651
39.8	39800	315.6225218	0.0654
39.8	39800	315.6225218	0.0657
39.8	39800	315.6225218	0.066
39.8	39800	315.6225218	0.0663
39.8	39800	315.6225218	0.0666
39.8	39800	315.6225218	0.0669
39.8	39800	315.6225218	0.0672
39.8	39800	315.6225218	0.0675
39.8	39800	315.6225218	0.0678
39.8	39800	315.6225218	0.0681
39.8	39800	315.6225218	0.0684
39.8	39800	315.6225218	0.0687
39.8	39800	315.6225218	0.069
39.8	39800	315.6225218	0.0693
39.8	39800	315.6225218	0.0696
39.8	39800	315.6225218	0.0699
39.8	39800	315.6225218	0.0702
39.8	39800	315.6225218	0.0705
39.8	39800	315.6225218	0.0708
39.8	39800	315.6225218	0.0711
39.8	39800	315.6225218	0.0714
39.8	39800	315.6225218	0.0717
39.8	39800	315.6225218	0.072
39.8	39800	315.6225218	0.0723
39.8	39800	315.6225218	0.0726
39.8	39800	315.6225218	0.0729
39.8	39800	315.6225218	0.0732
39.8	39800	315.6225218	0.0735
39.8	39800	315.6225218	0.0738
39.8	39800	315.6225218	0.0741
39.8	39800	315.6225218	0.0744
39.8	39800	315.6225218</	

