



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES
FÍSICO MECÁNICAS, EN BARRAS DE ACERO NÚMERO TRES GRADO 40,
DE ACUERDO A SU ORIGEN**

Julio Daniel Marroquín Ordóñez

Asesorado por el Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES
FÍSICO MECÁNICAS, EN BARRAS DE ACERO NÚMERO TRES GRADO 40,
DE ACUERDO A SU ORIGEN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR:

JULIO DANIEL MARROQUÍN ORDÓÑEZ

ASESORADO POR EL ING. SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ing. Geovani Miranda Castañón
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS, EN BARRAS DE ACERO NÚMERO TRES GRADO 40, DE ACUERDO A SU ORIGEN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día 22 de agosto de 2006.



Julio Daniel Marroquín Ordoñez

*Ingeniero Sergio V. Castañeda L.
Colegiado 5319*

Guatemala 20 de septiembre de 2007

Ingeniero
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ing. Quiñonez de la Cruz:

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado "**Comparación de la composición química y las propiedades físico mecánicas, en barras de acero número tres grado 40, de acuerdo a su origen**", desarrollado por el estudiante universitario Julio Daniel Marroquín Ordoñez quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo elaborado por el estudiante Marroquín Ordoñez, satisface los requisitos exigidos en la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación,

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus
Asesor Trabajo de Graduación

Sergio Vinicio Castañeda Lemus
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 5319

Ingeniería Civil, Sanitaria y Ambiental
Tel. Oficina: 22328650
Tel. Celular 52212491

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 26 de octubre de 2,007

Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Boiton Velásquez:

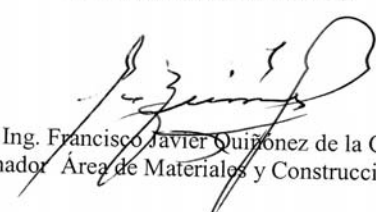
Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN BARRAS DE ACERO No. 3 GRADO 40 DE ACUERDO A SU ORIGEN**, elaborado por el estudiante universitario **Julio Daniel Marroquín Ordóñez**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Sergio Vinicio Castañeda Lemus.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Marroquín Ordóñez**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



Cc archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Julio Daniel Marroquín Ordóñez, titulado *COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN BARRAS DE ACERO No. 3 GRADO 40 DE ACUERDO A SU ORIGEN*, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Fernando Amílcar Boffón Velásquez
Ing. Fernando Amílcar Boffón Velásquez

Guatemala, noviembre 2007.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.455.07

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS, EN BARRAS DE ACERO NÚMERO TRES GRADO 40, DE ACUERDO A SU ORIGEN**, presentado por el estudiante universitario **Julio Daniel Marroquín Ordóñez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Reinos
DECANO



Guatemala, noviembre de 2007

/cc

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:

Dios, por que sin Él, nada es posible.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo sea una realidad.

Sidegua, por la colaboración de ensayos

Mi abuela Isidra Chava de Marroquín, por su ejemplo de lucha.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS POR ILUMINARME POR EL CAMINO CORRECTO DE LA VIDA.

MIS PADRES:

Belarmino Marroquín Chava (D.E.P.)
Maclovia Domitila Ordoñez Fuente (D.E.P.)

MI ESPOSA:

Saira Maribel Guevara

MIS HIJOS:

Jacqueline Paola, Julio Daniel, Josué Daniel

MIS HERMANOS:

Paulino, Silvia, Héctor, Edilma, Enma, Aracely, Byron, Lilian,
Luis, Enrique, Vivian, Ingrid, Gladys y Edgar.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MARCO CONCEPTUAL	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Proceso de Manufactura del acero	3
2.2 Propiedades físicas, mecánicas y composición	
Química del acero	5
2.2.1 Influencia del Carbono en la resistencia	
del acero	6

2.2.2	Resistencia a tensión	7
2.2.3	Dureza	9
2.2.4	Impacto	10
2.2.5	Composición Química	10
2.3	Normas aplicables	11
2.3.1	COGUANOR NGO 36 011	11
2.3.2	ASTM A-615	11
2.4	Descripción del método ANOVA	11
3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	17
3.1	Definición del campo de estudio	14
3.3.1	Población	14
3.3.2	Muestra	14
3.3.3	Muestreo	15
3.3.4	Dato	15
3.3.5	Tipo de varillas	15
3.2	Ensayos	15
3.2.1	Número de muestras	16
3.2.2	Descripción de ensayos	16
16		
3.2.2.1	Resistencia a tensión	16
3.2.2.2	Doblado	16
3.2.2.3	Dureza	17

3.2.2.4	Impacto	17
3.2.2.5	Composición química	17
3.3	Resultados	19
3.3.1	Ensayos físico mecánicos	19
3.3.1.1	Resistencia a tensión	19
3.3.1.2	Doblado	21
3.3.1.3	Dureza	21
3.3.1.4	Impacto	22
3.3.2	Composición química	23
3.3.3	Análisis estadístico	28
3.3.3.1	Resistencia a tensión	30
3.3.3.2	Dureza Brinell	33
3.3.3.3	Impacto Charpy	35
3.3.4	Composición química	37
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
4.1	Físico mecánicos	45
4.1.1	Ensayo de tensión	45
4.1.2	Ensayo de doblado	46
4.1.3	Ensayo de dureza	46
4.1.4	Ensayo de impacto	46
4.2	Composición química	46
4.3	Análisis estadístico	46
4.3.1	Ensayo de tensión	46
4.3.2	Ensayo de dureza Brinell	47
4.3.3	Ensayo de impacto Charpy	47
4.3.4	Composición química (contenido de carbono)	47

CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	53
BIBLIOGRAFÍA	55
APÉNDICE	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Producción de acero	7
2.	Zona de los aceros (hasta 2% de carbono) del Diagrama de equilibrio meta estable hierro-carbono	9
3.	Ensayo a tensión, máquina universal	19
4.	Condiciones probeta, ensayo de impacto Charpy	21
5.	Ensayo de impacto Charpy	22
6.	Resultados ensayo de tensión (resistencia a tensión)	28
7.	Resultados ensayo de tensión (límite de fluencia)	29
8.	Resultados ensayo de tensión (esfuerzo máximo)	29
9.	Resultados ensayo de tensión (% de elongación a 20 cm)	30
10.	Resultados ensayo de dureza Brinell	30
11.	Resultados ensayo de impacto Charpy	31
12.	Resultados composición química (contenido de carbono)	31
13.	Resultados función F, Ensayo de tensión (límite de fluencia)	37
14.	Resultados función F, ensayo de dureza Brinell	39
15.	Resultados función F, ensayo de impacto Charpy	42
16.	Resultados función F, Composición química (contenido de carbono)	44

TABLAS

I.	Datos de producción y consumo de energía Para materiales selectos de manufactura	6
II.	Resultados ensayo de tensión, acero nacional	23
III.	Resultados ensayo de tensión, acero importado	24

IV. Resultados ensayo de dureza	25
V. Resultados ensayo de impacto	26
VI. Resultados composición química, contenido de carbono	27
VII Análisis estadístico, límite de fluencia	34
VIII Análisis varianza, límite de fluencia	36
IX Análisis estadístico, ensayo dureza Brinell	37
XI Análisis varianza, ensayo dureza Brinell	40
XII Análisis estadístico, ensayo impacto Charpy	41
XIII Análisis varianza, ensayo impacto Charpy	42
XIV Análisis estadístico, contenido de carbono	43
XV Análisis varianza, contenido de carbono	43

LISTA DE SÍMBOLOS

ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
°C	grados Celsius
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
ASTM	Sociedad Americana para el Ensayo e Inspección de los Materiales.
kg	kilogramo
km	kilómetro
Σ	sumatoria
%	porcentaje

GLOSARIO

Acero	Material mineral que es incorporado al cemento o al concreto en diferentes proporciones, a fin de mejorar o transformar algunas de las propiedades.
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el Ensayo e Inspección de los Materiales (American Society for Testing and Materials).
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Control de Calidad	Acciones que desarrolla un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, con el fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución.
Control de Producción	Control sistemático que practica el Constructor o el proveedor sobre los materiales componentes y sobre el hormigón, para su propia información.
Deformación	Cambio en la dimensión o en la forma.

Diámetro

Equivalente: Diámetro de una barra de acero de sección circular lisa, que tiene igual masa por unidad de longitud que la barra conformada.

Diámetro nominal Diámetro con que se designan las barras de acero y con el que se obtienen los valores nominales del perímetro del área de la sección transversal y de la masa por unidad de longitud de la barra.

Límite de fluencia En los aceros que presentan el fenómeno de fluencia, la tensión en la que comienza la deformación plástica, la cual inmediatamente después de haberse iniciado, puede continuar manifestándose a carga aproximadamente constante o con la oscilación de la carga.

Límite de

Proporcionalidad Tensión máxima que un acero es capaz de soportar sin que los alargamientos dejen de ser proporcionales a las tensiones, es decir sin apartarse de la Ley de Hooke.

Norma

Documento de aplicación voluntaria aprobado por un organismo de Normalización reconocido, que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico.

Reología

Estudio de la deformación y flujo de la materia, o bien el estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos, es decir, la forma en la que un material responde a su fuerza.

RESUMEN

Actualmente, en Guatemala en el mercado de la construcción se utilizan acero importado y nacional, los cuales en ocasiones presentan características diferentes, principalmente en cuanto a sus dimensiones y grado estructural, lo que genera que el producto sea variable, encontrándose acero legítimo y comercial (como se le conocen en el mercado) situación que motivó este estudio.

En el presente trabajo de graduación se evaluaron varillas de acero número tres grado 40, nacional e importadas, a efecto de establecer si existen diferencias significativas entre éstas, especificando sus características físicas, propiedades mecánicas y su composición química, por medio de ensayos normalizados por la ASTM y COGUANOR. Para este trabajo se contó con el apoyo de la empresa Siderúrgica de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, para realizar los ensayos necesarios, evaluándose resistencia a tensión, doblado, dureza e impacto, así como su composición química.

Se pudo comprobar que algunos de las propiedades evaluadas tienen diferencia significativa, se recomienda para otros estudios de este tipo, calcular el número mas adecuado de muestras por medio de las herramientas de estadística indicadas en este trabajo.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la composición química, las características físicas y las propiedades mecánicas a varillas de acero número tres grado 40, para la construcción, nacional e importada.

Específicos

1. Evaluar las características físicas y las propiedades mecánicas de las varillas.
2. Evaluar la composición química de las varillas.
3. Aplicar las especificaciones y procedimientos indicados en las normas ASTM A 615 y COGUANOR NGO 36011.
4. Analizar los resultados obtenidos, aplicar el método estadístico ANOVA.
5. Establecer la dependencia entre la composición química y las características físicas y propiedades mecánicas.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala se comercializan aceros nacionales e importados, de los cuales generalmente no se conocen su composición química y sus características físico-mecánicas a excepción de la resistencia a la tensión que es el parámetro utilizado para su distribución. Actualmente se importan varillas de acero de varios países como Brasil, Rusia y Cuba entre otros. La industria del acero en Guatemala tiene más de 30 años de presencia, produciéndose inicialmente clavo y alambre en sus diversos tipos, luego se empezó el forjado de la varilla de construcción a partir del lingote importado, para posteriormente fabricar el lingote a base de chatarra.

El presente estudio evaluó si existe diferencia significativa entre las características físicas, propiedades mecánicas y la composición química de varillas de acero de acuerdo a su procedencia.

En el capítulo I se presenta el marco conceptual del estudio, incluyendo los antecedentes, justificación y el planteamiento del problema. Dentro del capítulo II se incluye el marco teórico con aspectos sobre la manufactura, composición, tipos, sus características físicas, propiedades mecánicas y las normas y ensayos necesarios para su control de calidad, así como una descripción del método estadístico utilizado para el análisis de los resultados.

El capítulo III describe el desarrollo experimental utilizado, y presenta los resultados de los ensayos así como el análisis estadístico de los mismos. El análisis de los resultados se muestra en el capítulo IV, finalmente se incluyen las recomendaciones y conclusiones.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes

El dominio sobre los procesos de fabricación y manufactura de acero permitió a la humanidad alcanzar avances significativos en su desarrollo en muchas áreas, se puede mencionar la primera en el siglo XVIII y segunda revolución industrial en el siglo XX. Actualmente, la industria siderúrgica se maneja de manera automatizada, permite tener un mejor control sobre los procesos de producción, control de calidad y comercialización, se pueden ofrecer mejores productos y servicios a los usuarios dentro del campo de la construcción, lo que ha permitido desarrollar cada vez más, particularidades en tamaño y diseño, utilizando el acero como material principal en estas estructuras.

El concreto actualmente es el material de construcción con mayor demanda a nivel mundial, esto también significa la necesidad de contar con acero de refuerzo, a efecto de tener un mejor desempeño de éste, ya que deberá de cumplir con las especificaciones de diseño, producción y desempeño de acuerdo con las normas aplicadas en cada país. en Guatemala se encuentra en el mercado de acero barras producidas localmente o bien importadas, el cual debe cumplir con lo indicado en las normas COGUANOR y ASTM aplicables, generalmente el criterio más utilizado para su diseño y comercialización, aun y cuando existen otras características físicas y propiedades mecánicas importantes para su caracterización como son el doblado, dureza, impacto, así como su composición química, información necesaria para tener un mejor aprovechamiento de este material, para esto existen ensayos normalizados, los cuales deben realizarse en un laboratorio

especializado, donde se cuente con el personal y equipo especializado, que permita tener confianza en los resultados obtenidos.

La Facultad de Ingeniería ha venido desarrollando trabajos de graduación relacionados con este tema, como mencionar los trabajos de Graduación del Ing. Mecánico J. Roberto Caballeros Lenhoff (1997) y el Ing. Químico Carlos E. Caballeros (1977). El Centro de Investigaciones de Ingeniería ofrece el servicio de control de calidad a barras de acero a los usuarios de este material atendiendo a clientes nacionales así como de fuera del país.

1.2 Justificación

Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento térmico. (4)

El uso del acero a nivel mundial ha alcanzado cifras sorprendentes a nivel mundial, teniéndose en Guatemala la oferta de aceros importados de diferentes origen, algunos de estos no cumplen con todas las especificaciones de la norma COGUANOR NGO 36 011, lo que genera en el mercado la existencia de productos **conocidos como de norma, comercial, legitimo o milimétrico (dimensiones fuera de norma)** tomándose los criterios de selección en base a consideraciones económicas mas que técnicas.

Generalmente solo se considera la resistencia a la tensión como el criterio principal para su selección, obviándose su comportamiento en cuanto al doblado, dureza e impacto como criterios de diseño y su composición, los cuales se plantean en la norma ASTM A-615.

Por esta razón en el presente estudio se evaluaron estas características a varillas de acero número tres Grado 40 nacional e importada, contándose con el

apoyo de los laboratorios de Siderúrgicas de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Procesos de manufactura del acero

La palabra manufactura se deriva del latín (*manus = mano, factus = hecho*), se puede definir como “una serie de actividades y operaciones interrelacionadas que involucran diseño, selección de materiales, planeación, producción, aseguramiento de la calidad, administración y mercadeo de bienes y discretos y durables.” (1)

El acero representa un sector importante de la producción total de metales, pero otros materiales ofrecen propiedades únicas e indispensables baja densidad del magnesio, alta resistencia/masa del titanio.

Las piezas manufacturadas deben tener forma, dimensiones y rugosidad superficial altamente definida, dado que:

- La forma de las piezas afecta la función y la manufactura
- Las dimensiones y sus tolerancias son atributos fundamentales y se expresan en los dibujos de ingeniería
- Las dimensiones se verifican por medio de calibradores de diferentes tipos, debido a esto la metrología de ingeniería, y especialmente la medición en el proceso, adquieren un papel central en la manufactura
- La apariencia superficial es importante para el atractivo estético. La topografía superficial incluye las rugosidades y el sesgo, es crítica para las superficies de contacto
- El mantenimiento de las tolerancias especificadas es vital para la función de ensambles, y hace posible la capacidad de intercambio.

Algunas características de los aceros son:

- densidad

- dureza
- conductividad eléctrica
- corrosión
- dilatación

Tabla I Datos de producción y consumo de energía para materiales selectos de manufactura

METAL	DENSIDAD		Resistencia Tensión (psi)	Resistencia especifica (plg $\times 10^5$)	Costo por libra (\$)
	g/cm ³	lb/pul ³			
Aluminio	2.70	0.097	83,000	8.6	0.60
Berilio	1.85	0.067	55,000	8.2	300.00
Cobre	8.93	0.322	150,000	4.7	1.10
Plomo	11.36	0.410	10,000	0.2	0.35
Magnesio	1.74	0.063	55,000	8.7	1.40
Níquel	8.90	0.321	180,000	5.6	4.10
Titanio	4.51	0.163	160,000	9.8	5.50
Tungsteno	19.25	0.695	150,000	2.2	10.00
Zinc	7.13	0.257	75,000	2.9	0.55
Hierro	7.87	0.284	200,000	7.0	0.10

Fuente: (1) pág. 127

Figura 1 Producción de acero



2.2 Propiedades físicas, mecánicas y composición química del acero

En ingeniería se necesita saber cómo responden los materiales sólidos a fuerzas externas como la tensión, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura. Los materiales sólidos responden a dichas fuerzas con una deformación elástica (en la que el material vuelve a su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa), una deformación permanente o una fractura. Los efectos de una fuerza externa dependientes del tiempo son la plasto deformación y la fatiga, que se definen más adelante.

Los ensayos son procedimientos normalizados que permiten conocer o comprobar las propiedades de los materiales, se pueden utilizar los siguientes criterios para clasificarlos:

- dependiendo de la rigurosidad de estos
- dependiendo de la forma de realizarlos

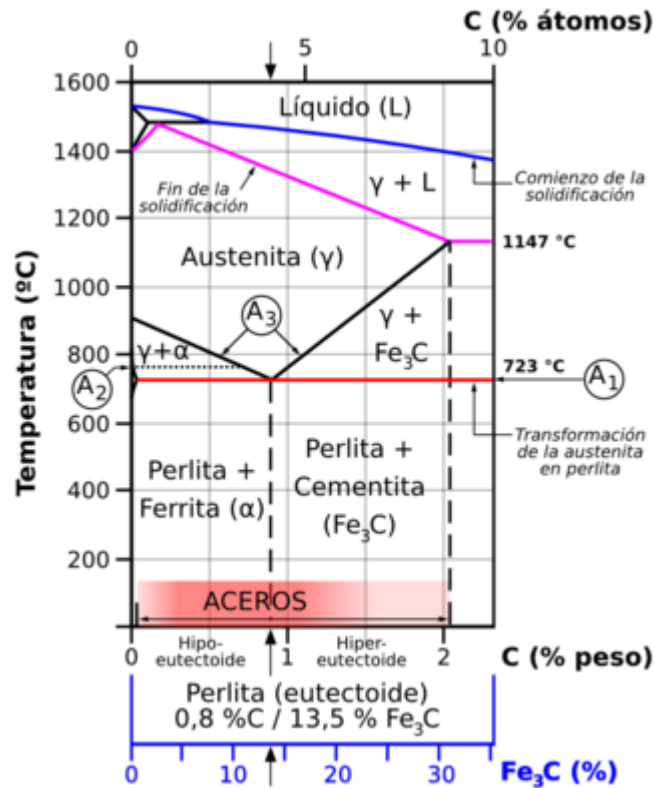
- dependiendo del método empleado en la determinación de las propiedades

2.2.1 Influencia del Carbono en la resistencia del acero

El acero es, básicamente, una aleación de hierro y de carbono. El contenido del carbono en el acero es relativamente bajo. La mayoría de los aceros tienen menos de 9 átomos de carbono por cada 100 de hierro en el acero. Como el carbono es más ligero que el hierro, el porcentaje de masa de carbono en el acero es casi siempre menos del 2%. La forma convencional de expresar el contenido de los elementos en las aleaciones es por el porcentaje de la masa total con que cada uno contribuye. El carbono tiene una gran influencia en el comportamiento mecánico de los aceros. La resistencia de un acero simple con 0.5% de carbono es más de dos veces superior a la de otro con 0.1% generalmente reduce la ductilidad del acero. La ductilidad es una medida de la capacidad de un material para deformarse en forma permanente, sin llegar a la ruptura. **Un acero de 0.1% de carbono es más de cuatro veces más dúctil que otro con 1% de carbono y dos veces más que un tercero con 0.5% de carbono.** (1)

Por su contenido de carbono se clasifican como de bajo, medio y alto carbono. Las fronteras que separan a estos tipos de acero no están claramente definidas, aunque se entiende que los aceros de bajo carbono tienen menos del 0.25% de carbono en su aleación. Los aceros de medio carbono, entre 0.25% y 0.6%, se emplean cuando se quiere mayor resistencia, pues siguen manteniendo un buen comportamiento dúctil aunque su soldadura ya requiere cuidados especiales. Los aceros de alto carbono, entre 0.6% y 1.2%, son de muy alta resistencia, pero su fragilidad ya es notoria y son difíciles de soldar (ver figura No. 2).

Figura 2 Zona de los aceros (hasta 2% de carbono) del diagrama de equilibrio meta estable hierro-carbono.



2.2.2 Resistencia a Tensión

Se produce al aplicar una carga a tensión, se pueden evaluar varias propiedades mecánicas que son de interés en el diseño.

2.2.2.1 Módulo de elasticidad

Durante el ensayo la fuerza se incrementa rápidamente y es proporcional a la deformación, debido a que la curva esfuerzo-deformación obedece a la ley de Hooke, donde la constante de proporcionalidad (pendiente de la curva) se llama módulo de elasticidad o módulo de Young E;

$$\sigma = Ee_t, \text{ donde } E = \sigma / e_t \text{ (MPa } \rightarrow \text{ psi)}$$

el módulo elástico refleja la estructura y resistencia de enlace básicas de los materiales.

2.2.2.2 Límite elástico

Conocido también como límite de fluencia, durante el ensayo se acostumbra a elegir un punto en el cual la probeta se deforma de manera permanente (llamado límite de fluencia), el esfuerzo de diseño a menudo se mantiene a alguna fracción de este valor, usando un factor de seguridad o bien el diseño se hace con un valor menor al límite de fluencia.

2.2.2.3 Resistencia máxima a la tensión

Durante el ensayo la sección calibrada se alarga (su sección transversal se reduce) de manera uniforme a lo largo de toda su longitud, pero la fuerza se incrementa gradualmente, formándose una estricción en el punto más débil, por último ocurre la fractura. El esfuerzo de ingeniería o convencional en la carga máxima se llama resistencia a la tensión o resistencia última a la tensión.

2.2.2.4 Porcentaje de elongación a la fractura

La curva esfuerzo-deformación unitaria, se encuentra información sobre la ductilidad del material, es decir su habilidad para deformarse sin fractura.

•Elongación uniforme

Antes de la estricción la sección transversal se reduce en forma casi uniforme a lo largo de la longitud calibrada, por tanto la deformación unitaria de ingeniería soportada en el punto de carga máxima se llama elongación uniforme.

•Elongación (e_f)

Con frecuencia la elongación hasta la fractura se mide en la

Probeta ensayada, tomando la distancia de calibración marcada. Esto significa que es la suma de la elongación uniforme y de la elongación de la estricción, por esta razón la longitud entre las marcas de calibración debe de indicarse siempre, por lo regular se toma una distancia de 50 mm.

2.2.2.5 Porcentaje de reducción de área

La medida más sensible de la ductilidad de los materiales es la reducción de área medida en la fractura, debido a que el material simplemente obedece el principio de invariabilidad del volumen (incremento de la longitud y decremento de la sección transversal). Se puede medir el área mínima de la sección transversal de la fractura de la probeta y así calcular la reducción de área.

2.2.3 Dureza

Es una medida de la resistencia de un material a la deformación permanente (plástica) en su superficie, o sea la resistencia que opone un material a ser rayado o penetrado, se mide de varias formas dentro de las cuales se pueden destacar las durezas “mecánicas” y la de Mohs.

En las durezas mecánicas se utiliza un penetrador sobre la superficie del material. Sobre el penetrador se ejerce una carga conocida presionándolo a 90° de la superficie del material de ensayo. El penetrador tiene diferentes formas y de acuerdo a esta es la huella que queda impresa en el material. De acuerdo a la geometría de la huella y a la carga, se utilizan diferentes fórmulas para determinar el valor de la dureza.

Actualmente hay aparatos que registran la dureza en forma digital, pudiéndose establecer los valores de dureza Brinell (ASTM E-10), Vickers (ASTM E-92), Rockwell (ASTM E-18) y Knoop.

2.2.3.1 Dureza Brinell

El indentador es una bola de carburo de tungsteno o de acero endurecido, se presiona sobre la superficie del material a medir durante un

tiempo determinado (10 – 15 segundos) bajo una carga estándar. Después de remover la carga, la indentación circular se mide en dos direcciones mutuamente perpendiculares, sacando el promedio de las dos medidas.

Limitaciones del ensayo:

- La impresión es grande (2 – 4 mm de diámetro) y esto puede convertirse en un generador de esfuerzos en un componente. Además desmejora la apariencia y esto puede ser inaceptable en algunas aplicaciones
- La profundidad de la impresión impide su uso en láminas o superficies endurecidas, ya que la impresión podría también involucrar la estructura subyacente.
- Materiales muy duros deformarían el indentador de aquí que el Ensayo Brinell se limite para materiales con dureza no superior a 450 HBN para una bola de acero y a 600 HBN para bolas de carburo de tungsteno.

2.2.4 Impacto

Esta propiedad se valora mediante una prueba sencilla en la máquina de ensayos de impacto. Hay dos métodos diferentes para evaluarla, se denominan ensayos Charpy e Izod (ASTM E-32). La diferencia entre los dos radica en la forma como se posiciona la muestra. La probeta que se utiliza para ambos ensayos es una barra de sección transversal cuadrada, a la cual se le ha realizado una talla (muesca), se sostiene mediante mordazas paralelas que se localizan de forma horizontal en el ensayo tipo Charpy y de forma vertical en el ensayo tipo Izod. Se lanza un pesado péndulo desde una altura h conocida, este golpea la muestra al descender y la fractura. Si se conoce la masa del péndulo y la diferencia entre la altura final e inicial, se puede calcular la energía absorbida por la fractura.

El ensayo de impacto genera datos útiles cuantitativos en cuanto a la resistencia del material. (Ver figuras 3, 4 y 5).

2.2.5 Composición Química

El Acero es una aleación de hierro que contiene entre un 0,04 y 2,25% de carbono, a la que se añaden elementos como níquel, cromo, manganeso, silicio o vanadio, entre otros. Se obtiene eliminando las impurezas del arrabio, producto de fundición de los altos hornos y añadiendo después las cantidades adecuadas de carbono y otros elementos. De acuerdo a su composición se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **aceros al carbono:** Contienen diferentes cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre
- **aceros aleados:** Los aceros aleados poseen vanadio y molibdeno además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono
- **aceros inoxidables:** llevan cromo y níquel, entre otros elementos de aleación.
- **aceros de herramientas:** contienen volframio, molibdeno y otros elementos de aleación que les proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad.
- **aceros de baja aleación ultra resistentes:** tienen menos cantidad de elementos de aleación y deben su elevada resistencia al tratamiento especial que reciben.

2.3 Normas aplicables

2.3.1 COGUANOR NGO 36011 (2)

2.3.2 ASTM A-615 (3)

2.4 Descripción del método ANOVA

Con el método a aplicar se pueden desarrollar algunos instrumentos estadísticos que permitan valorar, evaluar cuando dos factores, propiedades o características (variables) de un proceso u objeto de estudio, se encuentran significativamente asociados. Las propiedades mecánicas, las dimensiones y otras variables siempre muestran algún grado de dispersión.

Análisis de varianza (ANOVA, según terminología inglesa Analysis of Variance) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados. El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones. Existen tres tipos de modelos:

- **de efectos fijo:** asumen que el experimentador ha considerado para el factor todos los posibles valores que éste puede tomar. El modelo de efectos fijos de análisis de la varianza se aplica a situaciones en las que el experimentador ha sometido al grupo o material analizado a varios factores, cada uno de los cuales le afecta sólo a la media, permaneciendo la "variable respuesta" con una distribución normal.

- **de efectos aleatorios:** asumen que en un factor se ha considerado tan sólo una muestra de los posibles valores que éste puede tomar. Se usan para describir situaciones en que ocurren diferencias incomparables en el material o grupo experimental.

- **Los modelos mixtos:** describen situaciones donde están presentes ambos tipos de factores (fijos y aleatorios). Se tiene que considerar además:

- Independencia de las observaciones.
- La distribución de la variable dependiente debe ser normal.
- Homocedasticidad: homogeneidad de las varianzas.

La técnica fundamental consiste en la separación de la suma de cuadrados (SS, 'sum of squares') en componentes relativos a los factores contemplados en el modelo.

$$SS_{\text{Total}} = SS_{\text{Error}} + SS_{\text{Factores}}$$

El número de grados de libertad (gl) puede separarse de forma similar y se corresponde con la forma en que la distribución chi-cuadrado describe la suma de cuadrados asociada.

$$gl_{\text{Total}} = gl_{\text{Error}} + gl_{\text{Factores}}$$

- **Grados de libertad ("degrees of freedom"):** número efectivo de observaciones que contribuyen a la suma de cuadrados en un ANOVA, es decir, el número total de observaciones menos el número de datos que sean combinación lineal de otros.

- **Pruebas de significación:** el análisis de varianza lleva a la realización de pruebas de significación estadística, usando la denominada distribución F.

El análisis de la varianza se puede realizar con tamaños de muestras iguales o distintas, sin embargo es recomendable iguales por dos motivos:

- la F es insensible a pequeñas variaciones en la asunción de igual varianza, si el tamaño es igual.
- igual tamaño minimiza la probabilidad de error.

3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 Definición campo de estudio

Se tomó un nivel de significancia del 5 %), para los cálculos necesarios, las fórmulas y tablas utilizadas se indican en los resultados obtenidos. Se tienen dos procedencias de acero, el número de casos es particular para cada ensayo, pero igual para los dos aceros.

Para el análisis estadístico se consideraron los siguientes resultados:

- resistencia máxima a tensión
- elongación
- dureza
- impacto
- composición química, contenido de carbono

3.1.1 Población

Grupo entero de datos, objetos (número de varillas nacionales e importadas ensayadas en el mismo laboratorio).

3.1.2 Muestra

Es una parte tomada de la población, seleccionada de acuerdo con una regla o plan (las varillas de acero nacional e importadas No. 3 grado 40).
Ventajas de la elección de una muestra:

- **reducción de costos:** Al estudiar una pequeña parte de la población, los gastos de recogida y tratamiento de los datos serán menores que si los obtenemos del total de la población.
- **rapidez:** Al reducir el tiempo de recogida y tratamiento de los datos, se consigue mayor rapidez.

- **viabilidad:** La elección de una muestra permite la realización de estudios que serían imposible hacerlo sobre el total de la población.

3.1.3 Muestreo

Es la selección de una muestra representativa entre toda una población, el análisis de la muestra ofrece información acerca de toda la población (se obtuvieron en empresas distribuidoras de materiales para construcción).

3.1.4 Dato

Es el registro de una información o agrupación de cualquier número de observaciones relacionadas. Para que los datos sean útiles, las observaciones necesitan estar organizadas en tal forma que se puedan identificar tendencias y llegar a conclusiones lógicas (resultados de los ensayos realizados).

3.1.5 Tipos de varillas

Las varillas evaluadas en la presente investigación fueron número tres grado 40, en virtud de ser las más utilizadas en los proyectos de construcción de vivienda para uno y dos niveles, se seleccionaron dos marcas con presencia en el mercado nacional, identificadas de la siguiente manera:

- Nacional (nac)
- Importada (imp)

3.2 Ensayos

Los ensayos realizados fueron:

- resistencia a tensión
- doblado
- dureza Brinell
- impacto Charpy

También se evaluó la composición química de la varillas en estudio (por medio de un espectrómetro), para lo cual se contó con el apoyo del laboratorio de control de calidad de Siderúrgica de Guatemala.

3.2.1 Número de muestras

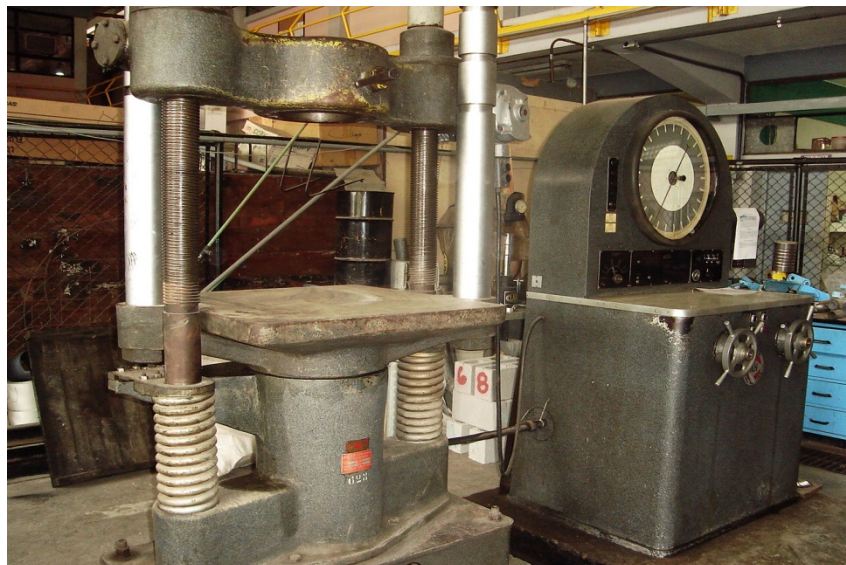
El número de muestras utilizado estuvo de conformidad con el tipo de ensayo y probetas necesarias, indicándose de manera particular.

3.2.2 Descripción de los ensayos

3.2.2.1 Resistencia a tensión

La probeta se sujeta por medio de cabezales autoalineantes para asegurar la aplicación de cargas de tensión. Al inicio del ensayo se deben tomar las características físicas y marcar con el punzón estándar a las probetas, para medir la elongación y el cambio de área después del ensayo. El ensayo se realizó en una maquina del tipo universal marca Baldwin (ver figura 3).

Figura 3 Máquina universal



3.2.2.2 Doblado

De acuerdo a los procedimientos indicados en la norma aplicable, el mandril que se utilizó se calcula en base al diámetro de la varilla a ensayar. La maquina de ensayo fue del tipo universal marca Baldwin (ver figura 3).

3.2.2.3 Dureza

El ensayo de dureza Brinell fue el método utilizado para el presente estudio, en esta prueba el indentador es una esfera de acero (o para materiales más duros de carburo de tungsteno). Después de aplicar la carga se mide el diámetro de la huella dejada, para esto se utilizó un microscopio de acuerdo a los procedimientos indicados en la norma aplicable. Las indentaciones muy profundas se deben evitar, de aquí que la carga y el tiempo de aplicación se reducen para materiales suaves con el fin de mantener el diámetro entre 2.5 y 4.8 mm.

3.2.2.4 Impacto

Algunos materiales normalmente dúctiles y tenaces sufren fractura frágil cuando están en forma de probeta o componente muescado y se someten a una carga repentina (fuerza de impacto), sobre todo por debajo de una temperatura de transición de dúctil a frágil. Existen varios ensayos de impacto, en cada uno se emplean diferentes geometrías de ensayo y métodos de carga. En el presente estudio se utilizó el ensayo de impacto en la maquina Charpy, en el cual por medio de un péndulo oscilante se aplica la carga, se reporta la energía absorbida por la probeta (la energía que perdió el péndulo) en joules.

La probeta de impacto tiene una muesca para obtener en ese punto un estado de concentración de esfuerzos a efecto de obtener condiciones de ensayo mas criticas, la temperatura de las probetas al momento del ensayo era de -4°C , de acuerdo a lo indicado en las normas aplicables. Los resultados representan un indicador de control de calidad muy útil, pero no se puede usar para propósitos de diseño (ver figuras 4, 5 y 6).

3.2.2.5 Composición química

Los análisis fueron realizados en el departamento de control de calidad de la empresa Siderúrgica de Guatemala por personal especializado.

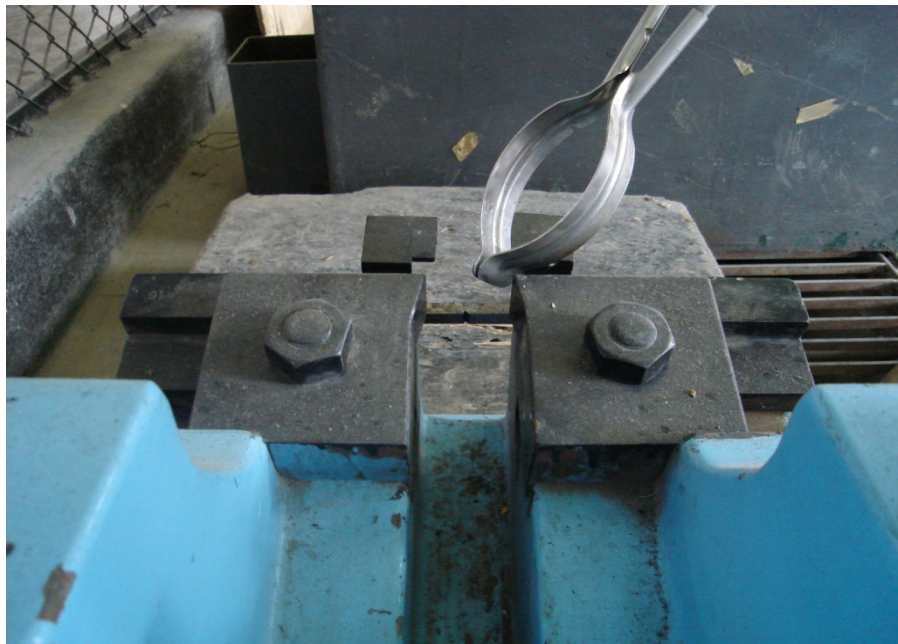
**Figura 3 Condiciones probeta,
Ensayo de impacto Charpy**



Figura 4 Máquina ensayo impacto Charpy



Figura 5 Máquina de ensayo Charpy



3.3 Resultados (Ver apéndice 1, 2 y 3)

3.3.1 Ensayos físico-mecánicos

3.3.1.1 Resistencia a tensión

Tabla II Resultados ensayo a tensión

Acero nacional

Ensayo a tensión acero nacional				
No. de muestras	Resistencia a Tensión (Kg/cm ²)	Limite de Fluencia (MPa)	Ruptura (MPa)	Elongación 20 cm (%)
1	4353.6	351.0	525.0	21.0
2	3714.2	335.0	518.0	22.0
3	4056.9	344.0	517.0	23.0
4	3676.9	350.0	535.0	22.0
5	3735.7	339.0	522.0	18.0
6	4169.4	339.0	515.0	18.0
7	4484.5	353.0	536.0	21.0
8	4228.3	336.0	522.0	18.0
9	4499.7	339.0	514.0	19.0
10	4376.2	328.0	505.0	23.0
11	3731.9	316.0	502.0	20.0
12	4310.7	324.0	506.0	22.0
13	4284.4	320.0	497.0	19.0
14	4024.1	322.0	505.0	18.0
15	4027.0	319.0	520.0	22.0
16	4003.7	338.0	513.0	22.0
17	3870.6	317.0	496.0	22.0
18	4030.7	332.0	514.0	21.0
19	3676.9	350.0	535.0	22.0
Sumatoria	77255.0	6352.0	9797.0	393.0
Media	4066.05	334.32	515.63	20.7
Desviación Estándar	276.95	12.18	145.02	3.22

CONTINÚA

Varianza	76703.62	148.56	145.02	3.22
Coefficiente de variación	6.81	3.64	28.12	15.60
Intervalo de confianza	3.98	0.17	2.08	0.04

**Tabla III Resultados ensayo a tensión
Acero importado**

Ensayo a tensión Acero importado				
No. de muestras	Resistencia a Tensión (Kg/cm²)	Limite de Fluencia (MPa)	Ruptura (MPa)	Elongación 20 cm (%)
1	4034	329.0	476.0	22
2	3939	342.0	483.0	24
3	4063	341.0	482.0	22
4	3889	334.0	480.0	24
5	3920	336.0	482.0	25
6	3621	333.0	480.0	25
7	3768	337.0	479.0	25
8	3739	333.0	481.0	25
9	3948	337.0	484.0	25
10	4105	332.0	479.0	26
11	3258	341.0	485.0	22
12	3628	330.0	479.0	22
13	4180	336.0	483.0	24
14	3817	338.0	479.0	23
15	4026	334.0	483.0	26
16	3827	333.0	483.0	25
17	3793	329.0	482.0	25
18	3832	340.0	486.0	25

Continúa

19	4166	332.0	484.0	24
Sumatoria	73550.7	6367.0	9150.0	459
Media	3871.1	335.1	481.6	24.2
Desviación Estándar	220.5	4.04	2.52	1.344
Varianza	48599.1	16.32	6.37	1.807
Coefficiente de variación	5.69	5.69	0.52	5.56
Intervalo de confianza	3.17	3.17	1.56	0.01

3.3.1.2 Doblado

Todas las probetas ensayadas tuvieron un resultado favorable en este ensayo.

3.3.1.3 Dureza

Tabla IV Resultados ensayo dureza Brinell

Ensayo dureza Brinell, 1500 kg, 15 s, 5 mm (kg/mm²)		
No. de muestras	Origen de la muestra	
	Nacional	importado
1	120.2	111.4
2	102.6	108.8
3	112.0	112.2
4	101.5	107.4
5	103.1	108.2
6	115.1	100.0
7	123.8	104.0
8	116.8	103.3
9	124.2	109.0

Continúa

10	120.8	113.3
11	103.0	90.0
12	119.0	100.2
13	118.3	115.4
14	111.1	105.4
15	111.2	111.2
16	110.5	105.7
17	106.9	104.7
18	111.3	105.8
19	115.0	99.6
Sumatoria	2146.4	2015.6
Media Kg/mm²	113.0	106.1
Desviación Estándar Kg/mm²	7.20	5.96
Varianza	51.90	35.55
Coefficiente de variación	6.37	5.62
Intervalo de confianza	0.1036	0.086

3.3.1.4 Impacto

Tabla V Resultados ensayo impacto

Ensayo Impacto Charpy (kg-m)		
No. de muestras	Origen muestra	
	Nacional	Importado
1	9.0	11.0
2	12.0	11.5
3	13.0	11.3
4	13.0	11.5
5	12.5	11.0
6	13.0	10.6

Continúa

7	12.5	12.0
8	9.5	9.5
9	6.5	13.0
10	8.5	10.0
11	11.5	10.7
12	11.6	10.0
Suma	132.6	132.1
Media (Kg-m)	11.1	11.0
Desviación Estándar (Kg-m)	2.150	0.958
Varianza	4.621	0.917
Coefficiente de variación	19.454	8.700
Intervalo de confianza	0.200	0.017

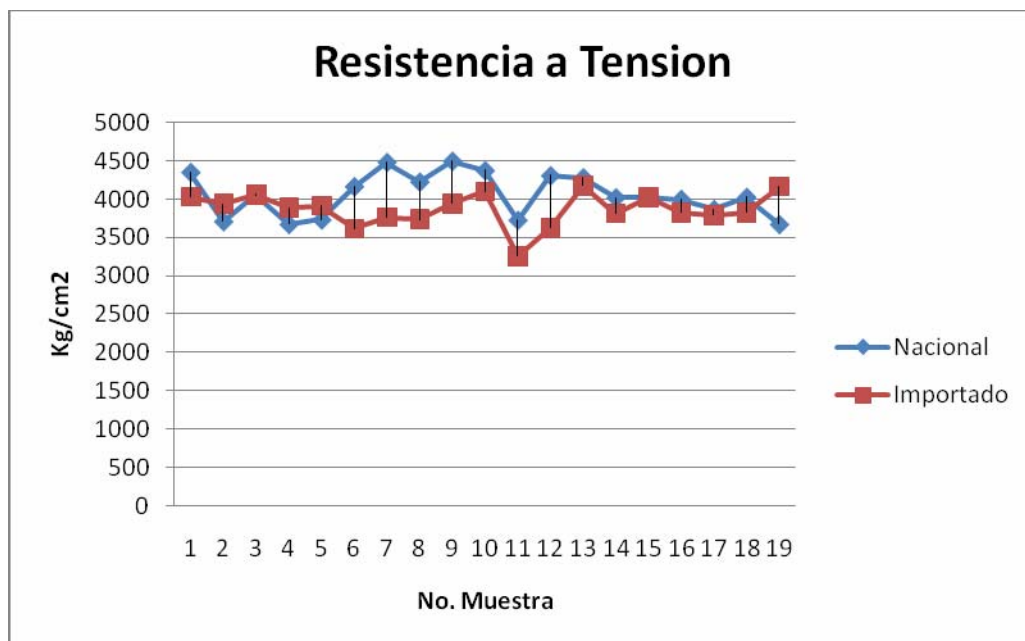
3.3.2 Composición química

Tabla VI Resultados contenido de carbono (%)

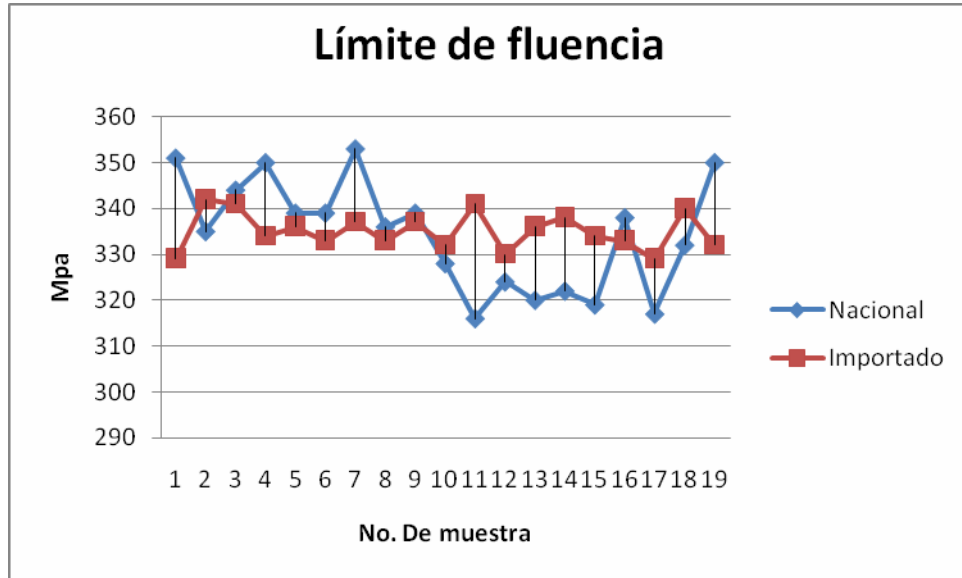
Contenido de carbono		
No. de muestras	Origen muestra	
	Nacional	Importado
1	0.329	0.215
2	0.326	0.208
3	0.338	0.349
4	0.313	0.208
5	0.324	0.198
6	0.346	0.200
7	0.325	0.200
Suma	0.300	0.323
Media (%)	0.318	0.217

Desviación Estándar (%)	0.0116	0.036
Varianza	0.0001	0.001
coeficiente de variación	3.517	17.130
Intervalo de confianza	0.0002	0.0006

Figura 6 Resultados ensayo de tensión (resistencia a tensión) Kg/cm²



**Figura 7 Resultados ensayo de tensión (límite de fluencia)
MPa**



**Figura Resultados ensayo de tensión (esfuerzo máximo)
MPa**

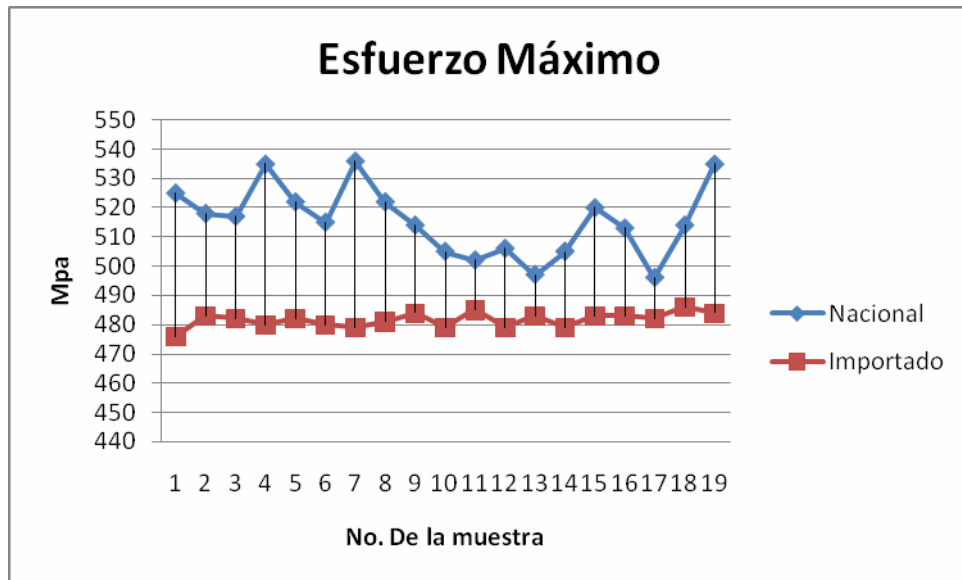


Figura 9 Resultados ensayo de tensión (elongación 20 cm)
%

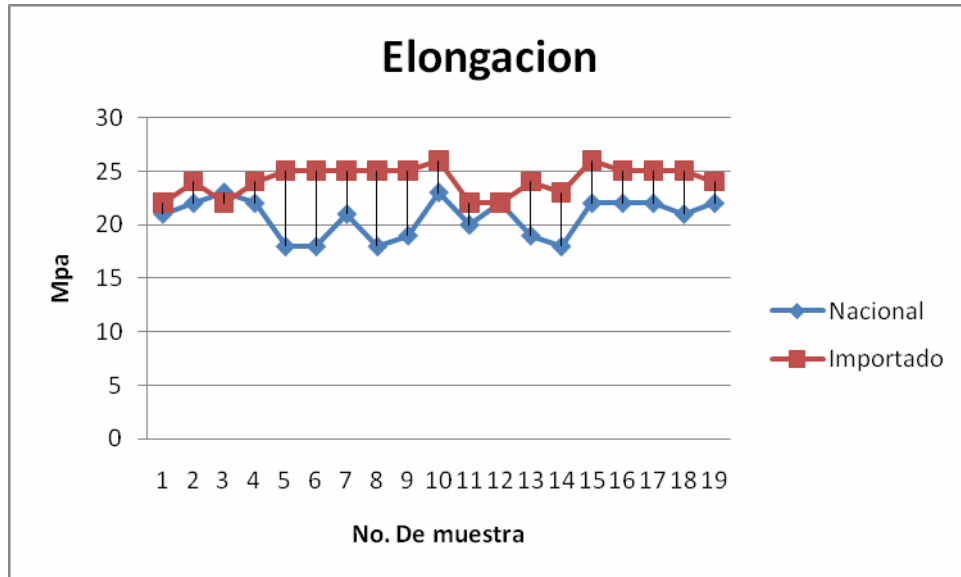


Figura 10 Resultados ensayo de dureza Brinell
Kg/mm²

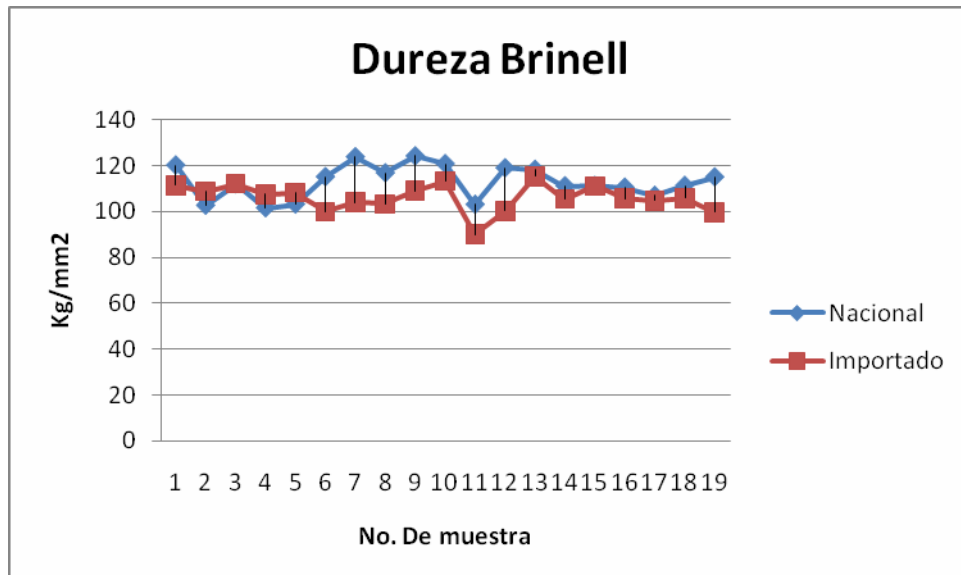


Figura 11 Resultados ensayo de impacto Charpy (Kg-m)

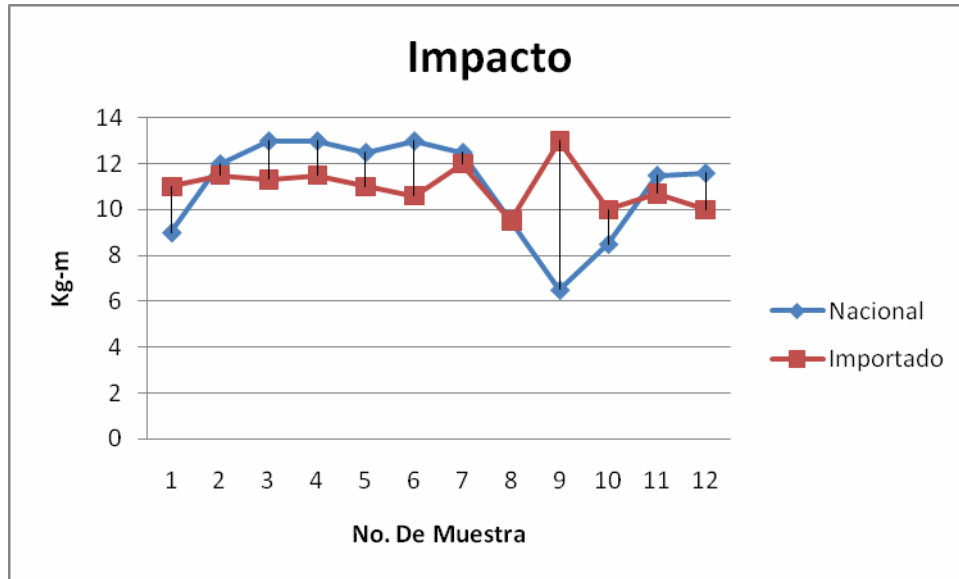
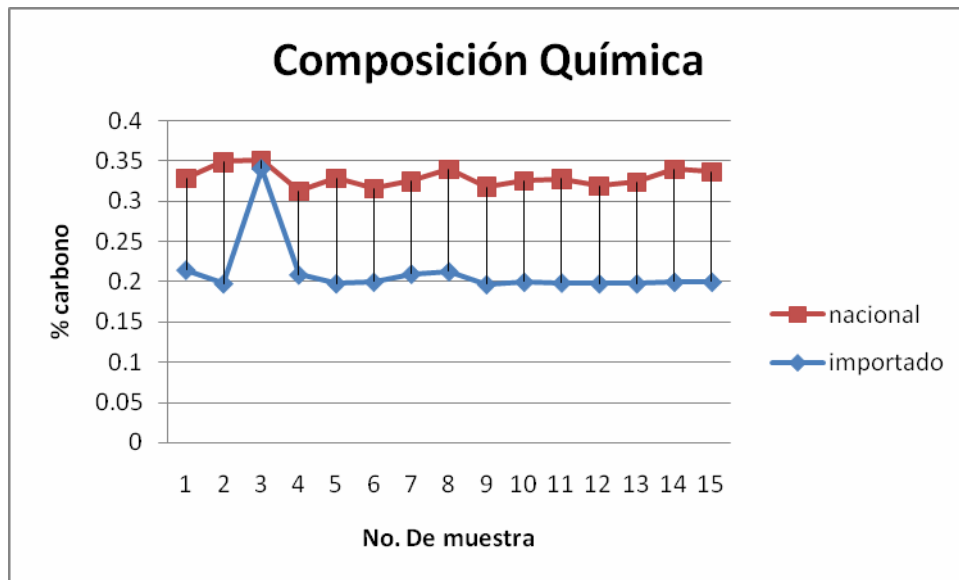


Figura 12 Resultados composición química (Contenido de carbono %)



3.3.3 Análisis estadístico

Se trabajó en hoja electrónica para facilitar el análisis estadístico, indicándose las formulas utilizadas para cada caso. (Ver tablas II-VI)

- **Muestras aleatorias independientes**

- **n** = tamaño de **k** poblaciones (se indica para cada ensayo)
- **k** = número de poblaciones (nacional e importado)

- **Sumatoria**

$$\text{Suma} = \sum x_i^n$$

- **Media (promedio)** *La media aritmética o promedio, de una cantidad finita de números, es igual a la suma de todos ellos dividida entre el número de sumandos.*

$$\bar{x} = (\sum xi) / n$$

- **Desviación Estándar**

La **desviación estándar** (o **desviación típica**) es una medida de dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva.

$$\sigma^2(x) = \frac{\sqrt{(Xi - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

- **Varianza**

En teoría de probabilidad y estadística la **varianza** es un estimador de la dispersión de una variable aleatoria X respecto a su esperanza $E[X]$. Se define como la esperanza de la transformación

$$\sigma^2(x) = \frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n}$$

- **Coeficiente de variación**

El **coeficiente de dispersión** es útil para comparar dispersiones a escalas distintas pues es una medida invariante ante cambios de escala.

- **Intervalo de confianza**

Se llama **intervalo de confianza** en estadística a un intervalo de valores alrededor de un parámetro muestral en los que, con una probabilidad o nivel de confianza determinado, se situará el parámetro poblacional a estimar.

$$I = [\bar{x} \pm Z \left(\frac{\alpha}{2} \right) * S / \sqrt{n}]$$

Para la aplicación del método ANOVA (análisis de varianza en un sentido) las funciones calculadas, se trabajaron hoja electrónica para facilitar los cálculos para el análisis de varianza en un sentido (ver tablas VI-IX):

- **n** = tamaño de **k** poblaciones (se indica para cada ensayo)
- **k** = número de poblaciones (nacional e importado)
- **α** = nivel de significancia 5 % (0.05)
- **SST = SS (Tr) + SSE = suma de cuadrados total** (medida de la variación total de los datos combinados en dos componentes).

- **SS (Tr) = suma de cuadrados de los tratamientos** (mide la variación fortuita entre las medias de las poblaciones).
- **SSE = suma de cuadrados del error** (mide la variación fortuita (variación dentro de las muestras).
- **[SSE / (k(n-1))] cuadrado medio del error**
- **[SS(Tr) / (k-1)] cuadrado medio de los tratamientos**
- **distribución F(f) = [MS(Tr) / MSE]**
-

Donde f es un valor de una variable aleatoria que tiene la **distribución F**, con **[k-1] y [k(n-1)] grados de libertad**, también podemos encontrar el valor de F en tablas, en función de $f_{\alpha, k-1, k(n-1)}$, donde α es el **nivel de significancia**, Valor contra el que vamos a comparar el obtenido en los cálculos y así comprobar si hay diferencia significativa entre ellos.

3.3.3.1 Resistencia a Tensión

Tabla VII Análisis estadístico, ensayo de tensión (límite de fluencia)

Límite de fluencia (MPa)					
No. de muestras	X_{nac} acero nacional	X_i acero importado		X^2_{nac}	X^2_i
1	351.0	329.0		123201.0	108241.0
2	335.0	342.0		112225.0	116964.0
3	344.0	341.0		118336.0	116281.0
4	350.0	334.0		122500.0	111556.0
5	339.0	336.0		114921.0	112896.0
6	339.0	333.0		114921.0	110889.0
7	353.0	337.0		124609.0	113569.0

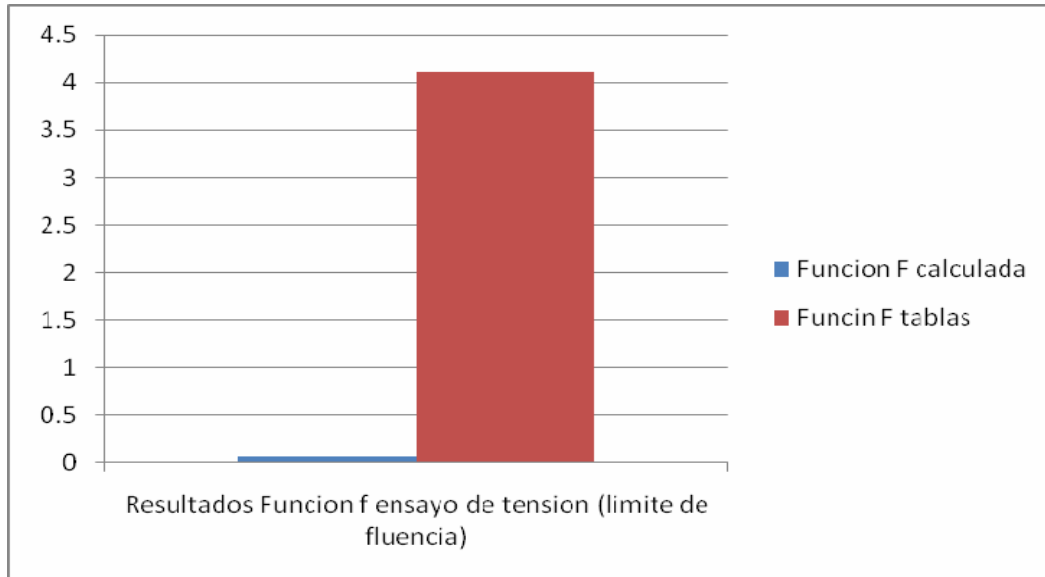
Continúa

8	336.0	333.0		112896.0	110889.0	
9	339.0	337.0		114921.0	113569.0	
10	328.0	332.0		107584.0	110224.0	
11	316.0	341.0		99856.0	116281.0	
12	324.0	330.0		104976.0	108900.0	
13	320.0	336.0		102400.0	112896.0	
14	322.0	338.0		103684.0	114244.0	
15	319.0	334.0		101761.0	111556.0	
16	338.0	333.0		114244.0	110889.0	
17	317.0	329.0		100489.0	108241.0	
18	332.0	340.0		110224.0	115600.0	
19	350.0	332.0		122500.0	110224.0	
Sumatoria ΣX	6352.0	6367.0	$\Sigma X_{(n+i)}$ = 12719. 0	2126248. 0	2133909. 0	$\Sigma X^2_{(n+i)}$ = 42601 57.0
Media $\bar{X}_{n,i}$ (MPa)	334.32	335.1	$\Sigma \bar{X}_{n,i}$ = 669.42	$\bar{X}_{(xn+ xi)}$ = 334.71		
Desviación Estándar (MPa)	12.189	4.04				
Varianza	148.561	16.32				
Coefficiente de variación	3.646	5.695				
Intervalo de confianza	0.175	3.171				

**Tabla VIII Análisis de varianza,
Ensayo de tensión (límite de fluencia)**

Análisis de varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrado medio	<i>f</i> calculada	<i>f</i>_(0.05, 1,36) tablas
Tratamientos (poblaciones)	$k = 2$ $(k - 1) = 1$	5.9	$5.9 / 1 = 5.9$	$5.9 / 82.4 = 0.072$	4.11
Error (experimental o aleatorio)	$n = 19$ $k(n - 1) = 36$	2967.9	$2967.9 / 36 = 82.4$		
TOTAL	37	2973.8		$f_{cal.} < f_{tablas} \Rightarrow$ no hay diferencia significativa	

Figura 13 Resultados función F, Ensayo de tensión (límite de fluencia)



3.3.3.2 Dureza Brinell

Tabla IX Resultados ensayo dureza Brinell

Ensayo dureza Brinell, 1500 kg, 15 s, 5 mm (kg/mm ²)					
No. de muestras	Nacional	Importado		χ^2_n	χ^2_i
1	120.2	111.4		14448.0	12410.0
2	102.6	108.8		10526.8	11837.4
3	112.0	112.2		12544.0	12588.8
4	101.5	107.4		10302.3	11534.8
5	103.1	108.2		10629.6	11707.2
6	115.1	100.0		13248.0	10000.0
7	123.8	104.0		15326.4	10816.0
8	116.8	103.3		13642.2	10670.9
9	124.2	109.0		15425.6	11881.0
10	120.8	113.3		14592.6	12836.9
11	103.0	90.0		10609.0	8100.0
12	119.0	100.2		14161.0	10040.0

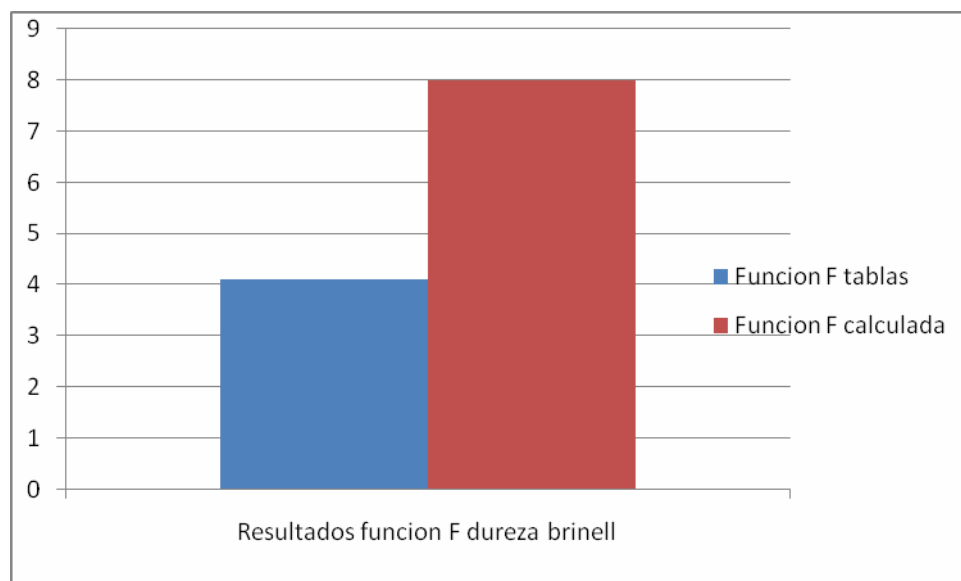
Continua

13	118.3	115.4		13994.9	13317.2	
14	111.1	105.4		12343.2	11109.2	
15	111.2	111.2		12365.4	12365.4	
16	110.5	105.7		12210.3	11172.5	
17	106.9	104.7		11427.6	10962.1	
18	111.3	105.8		12387.7	11193.6	
19	115.0	99.6		13225.0	9920.2	
Sumatoria	2146.4	2015.6	$\sum X_{(n+i)} = 4162.0$	243409.72	214463.2	$\sum X^2_{(n+i)} = 457872.92$
Desviación Estándar (Kg/mm2)	7.20	5.96				
Varianza (Kg/mm2)	51.906	35.550				
Coficiente de variación	6.377	5.620				
Intervalo de confianza	0.1036	0.086				

Tabla X Análisis de varianza, ensayo dureza Brinell

Análisis varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrado medio	<i>f calculada</i>	$f_{(0.05,1,36)}$ tablas
Error (experimental o aleatorio)	$n = 19$ $k(n - 1) = 36$		$2018.5 / 36 =$ 56.1		
TOTAL	37	2024.4		$f_{cal.} > f_{tablas}$ si hay diferencia significativa	\Rightarrow

Figura 14 Resultados función F, Ensayo de dureza Brinell



3.3.3.3 Impacto Charpy

Tabla XI Análisis estadístico, ensayo impacto Charpy

Ensayo Impacto Charpy (kg-m)						
No. de muestras	X_n Nacional	X_i Importado		X_n^2	X_i^2	
1	9.0	11.0		81.0	121.0	
2	12.0	11.5		144.0	132.3	
3	13.0	11.3		169.0	127.7	
4	13.0	11.5		169.0	132.3	
5	12.5	11.0		156.3	121.0	
6	13.0	10.6		169.0	112.4	
7	12.5	12.0		156.3	144.0	
8	9.5	9.5		90.3	90.3	
9	6.5	13.0		42.3	169.0	
10	8.5	10.0		72.3	100.0	
11	11.5	10.7		132.3	114.5	
12	11.6	10.0		134.6	100.0	
Sumatoria ($\sum X$)	132.6	132.1	$\sum X_{(n+i)}$ = 264.7	1516.06	1464.29	$\sum (X_n^2 + X_i^2) =$ 2980.35
Media $\bar{X}_{(n,i)}$	11.1	11.0				
Desviación estándar (S)	2.150	0.958				
Varianza	4.621	0.917				

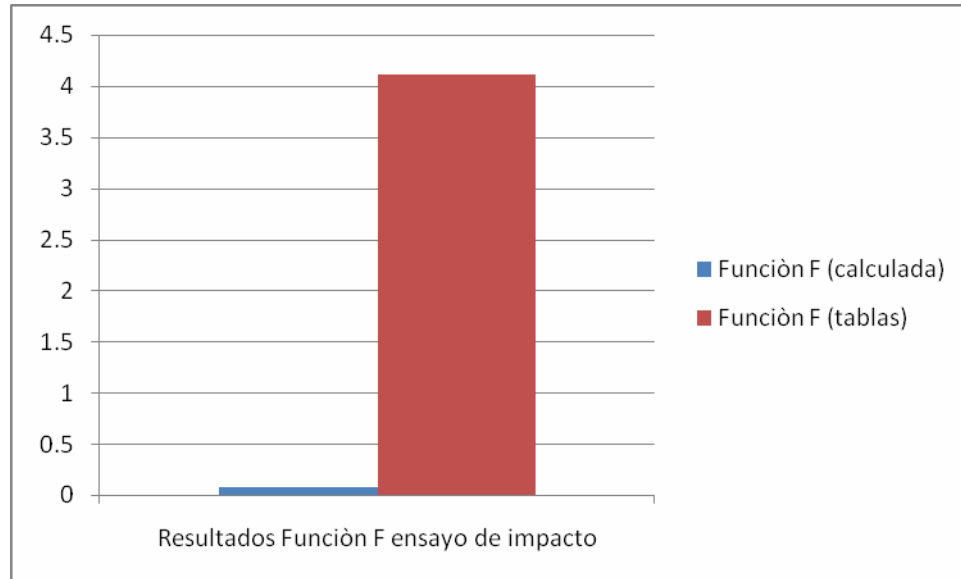
Continúa

Coefficiente de variación	19.454	8.700
Intervalo de confianza	0.200	0.017

Tabla XII Análisis de varianza, impacto Charpy.

Análisis varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrado medio	<i>f</i> calculada	$f_{(0.05,1,22)}$ tablas
Tratamientos (poblaciones)	$k = 2$ $(k - 1) = 1$	0.01	$0.01 / 1 = 0.01$	$0.01 / 2.8 = 0.004$	4.32
Error (experimental o aleatorio)	$n = 12$ $k(n - 1) = 22$	60.89	$60.89 / 22 = 2.8$		
TOTAL	23	60.9		$f_{cal.} < f_{tablas}$ no hay diferencia significativa	⇒

Figura 15 Resultados función F, Ensayo de impacto Charpy



3.3.4 Composición química

Tabla XIII Análisis estadístico, contenido de carbono

Resultados contenido de carbono					
No. de muestras	X_n			χ^2_n	χ^2_i
	Nacional	X_i Importado			
1	0.329	0.215		0.1082	0.0462
2	0.349	0.198		0.1218	0.0392
3	0.351	0.341		0.1232	0.1163
4	0.313	0.209		0.0980	0.0437
5	0.329	0.198		0.1082	0.0392
6	0.316	0.200		0.0999	0.0400
7	0.325	0.210		0.1056	0.0441
8	0.340	0.213		0.1156	0.0454
9	0.318	0.197		0.1011	0.0388
10	0.326	0.200		0.1063	0.0400
11	0.328	0.199		0.1076	0.0396
12	0.319	0.198		0.1018	0.0392

Continúa

13	0.324	0.198		0.1050	0.0392	
14	0.340	0.200		0.1156	0.0400	
15	0.337	0.200		0.1136	0.0400	
Suma	4.9	3.2	$\sum X_{(n+i)} = 12719.0$	1.6314	0.6909	$\sum (X_n^2 + X_i^2) = 2.3223$
Media %	0.33	0.21	$\sum \bar{X}_{media(n+i)} = 0.27$			
Desviación Estándar %	0.0116	0.036	0.0126			
Varianza	0.0001	0.001				
coeficiente de variación	3.517	17.130				
Intervalo de confianza	0.0002	0.0006				

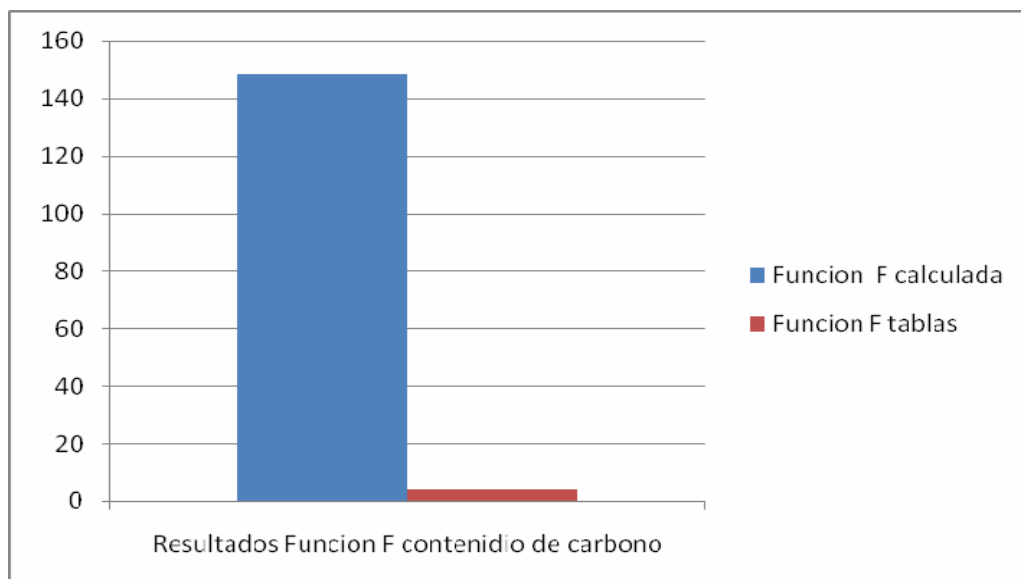
Tabla XIV Análisis de varianza, contenido de carbono

Análisis varianza en un sentido					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrado medio	<i>f calculada</i>	$f_{(0.05,1,28)}$ tablas
Tratamientos (poblaciones)	$k = 2$ $(k - 1) = 1$	0.104	$0.104 / 1 = 0.104$	$0.104 / 0.0007 = 148.6$	4.2

Continúa

Error (experimental o aleatorio)	n = 15 k (n - 1) = 28	0.02	0.02 / 28 = 0.0007		
TOTAL	29	0.124		$f_{cal.} > f_{tablas} \Rightarrow$ si hay diferencia significativa	

Figura 16 Resultados función F, composición química (contenido de carbono)



4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Físico mecánicos

4.1.1 Ensayo de tensión

- Los resultados de la resistencia a tensión (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (4353, 4499 kg/cm²), importado (3258, 4180 kg/cm²), con diferencias entre estos de 146 y 922 kg/cm² y valores de la media aritmética de 4066.05 y 3871.1 respectivamente. (ver Figura 6 y Tablas II y III)
- Los resultados de la resistencia en el límite de fluencia (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (316, 353 Mpa) e importado (332, 342 Mpa), con diferencias entre estos de 37 y 10 Mpa y valores de la media aritmética de 334.32 y 335.1 respectivamente. (ver Figura 7 y Tablas II y III)
- Los resultados del esfuerzo máximo (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (525, 536 Mpa) e importado (476, 486 Mpa), con diferencias entre estos de 9 y 10 Mpa y valores de la media aritmética de 515.63 y 481.6 respectivamente. (ver Figura 8 y Tablas II y III)
- Los resultados del % de elongación 20 cm (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (18, 23 %) e importado (22, 26 %), con diferencias entre estos de 5 y 4 % y valores de

media aritmética de 20.7 y 24.2 respectivamente. (ver Figura 9 y Tablas II y III)

4.1.2 Ensayo de doblado

- Todas las probetas tuvieron resultados favorables en este ensayo (pasan la prueba), no hay diferencias significativas entre los dos aceros.

4.1.3 Ensayo de dureza Brinell 1500 kg, 15 s, 5 mm

- Los resultados del ensayo de dureza Brinell (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (101.5, 123.8 HB) e importado (90, 115.4 HB), con diferencias entre estos de 22.3 y 25.4 HB y valores de media aritmética de 113.0 y 106.1 respectivamente. (ver Figura 10 y Tabla IV)

4.1.4 Ensayo de impacto Charpy

- Los resultados del ensayo de impacto Charpy (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (9, 13) e importado (11, 13), con diferencias entre estos de 4 y 2 y valores de la media aritmética de 11.1 y 11.0 respectivamente. (ver Figura 11 y Tabla V)

4.2 Composición química

- Los resultados del contenido de carbono (menor y mayor) son los siguientes: acero nacional (0.31, 0.35 %), importado (0.19, 0.34 %), con diferencias de 0.04 y 0.15 % y valores de varianzas de 0.0001 y 0.001 respectivamente. Este parámetro tiene relación con los resultados de la resistencia mecánica (nacional mayor) y la elongación (importado mayor). (ver Figura 12 y Tabla VI)

4.3 Análisis estadístico función F

4.3.1 Ensayo de tensión

- Los resultados de la función F (calculada y tablas) en el ensayo de tensión (límite de fluencia) son los siguientes: 0.072 y 4.11 respectivamente, **esto indica que si hay diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para este parámetro.** (ver Figura 13 y Tablas VII y VIII)

4.3.2 Ensayo de dureza Brinell 1500 kg, 15 s, 5 mm

- Los resultados de la función F (calculada y tablas) en el ensayo de dureza Brinell son los siguientes: 8.0 y 4.11 respectivamente, **esto indica que no hay diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para este parámetro.** (ver Figura 14 y Tablas IX y X)

4.3.3 Ensayo de impacto Charpy

- Los resultados de la función F (calculada y tablas) en el ensayo de impacto Charpy son los siguientes: 0.004 y 4.32 respectivamente, **esto indica que si hay diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para este parámetro.** (ver Figura 15 y Tablas XI y XII)

4.3.4 Composición química

- Los resultados de la función F (calculada y tablas) para el análisis de la composición química (contenido de carbono) son los siguientes: 0.0007 y 4.2 respectivamente, **esto indica que no hay diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para este parámetro.** (ver Figura 16 y Tablas XIII y XIV)

CONCLUSIONES

1. Para el presente estudio el uso de las herramientas estadísticas fue básico para el análisis de resultados.
2. Las limitaciones que se tuvieron en el número de las probetas para cada ensayo, debido a la facilidad o dificultad para prepararlas (sus características físicas y costo), no permitieron obtener el número de muestras adecuado para el nivel de significancia considerado en los parámetros analizados, lo que tuvo algún grado de incidencia en el análisis de varianza realizado.
3. La dispersión de los resultados obtenidos en los ensayos realizados, fue diferente para cada uno. (ver Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y Tablas II, III, IV, V, VI y VII). Pero los análisis estadísticos de las medidas de tendencia central ilustran su comportamiento.
4. El acero importado tiene un contenido de carbono más bajo que el nacional. (ver tabla VI).
5. El contenido de carbono en el acero, tiene relación con los resultados de resistencia a tensión (nacional mayor) y elongación (importado mayor). (ver figuras 6, 7, 8 y 9).

6. Existe diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para el ensayo de tensión, resistencia en el límite de fluencia. (ver Figura 13 y Tablas VII y VIII).

7. No existe diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para el ensayo de dureza Brinell 1500 kg, 15 s, 5 mm. (ver Figura 14 y Tablas IX y X).

8. Existe diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para el ensayo de impacto Charpy. (ver Figura 15 y Tablas XI y XII).

9. No existe diferencia significativa entre los resultados del acero nacional e importado para su composición química (contenido de carbono). (ver Figura 16 y Tablas XIII y XIV).

RECOMENDACIONES

1. Para este tipo de estudios, se deberán de incluir los aspectos estadísticos necesarios que permitan trabajar de acuerdo con lo que la teoría indica.
2. Considerar un número de muestras estadísticamente adecuado, para obtener resultados más precisos y confiables con base al nivel de significancia considerado.
3. Impulsar las acciones con las autoridades, productores y usuarios de acero en Guatemala, que faciliten y permitan realizar estudios similares con otros diámetros y grados de varillas de acero para construcción.
4. Impulsar un programa de monitoreo que permita conocer la calidad de los aceros importados que se comercializan en Guatemala.
5. Implementar análisis estadístico en la sección de metales y productos manufacturados, que permita conocer las diferencias entre las varillas de acero que se ensayan en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, así como coordinar apoyo con escuela de Sistemas para facilitar el análisis.

REFERENCIAS

1. Schey, John A. **PROCESOS DE MANUFACTURA.** Editorial McGraw Hill
tercera edición. 2001.
2. **Norma COGUANOR NGO 36011** Comisión Guatemalteca de Normas.
3. **Norma ASTM A 615.**
4. 1987. Maalishv A/Nikolaiev G. / Shuvalov Y. **Tecnología de los Metales.**
Editorial, Mir, Moscú.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Rivas Roberto Alejandro. **Metalurgia Básica.** Ministerio de Energía y Minas Dirección de Energía Nuclear. INTECAP, Guatemala, C.A., mayo 1986.
2. Schey, John A. **PROCESOS DE MANUFACTURA.** Editorial McGraw Hill tercera edición. 2001.
3. Caballeros García Carlos Estuardo. Relación entre la composición Elemental en Barras No. 3 de Acero Grado 40 y su módulo de Elasticidad. Tesis Ingeniero Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1997.
4. N.M. Downie / R.W. Heath. **Métodos Estadísticos Aplicados,** Quinta edición. 1992.
5. Méndez Oviedo Mayra Liset. Propiedades Mecánicas de los Aceros consumidos en Aceros de Guatemala, S.A. en función de su Procedencia. Informe profesional supervisado Ingeniería Agroindustrial CUNSUR/USAC julio 1999.
6. Freund John E, Miller Irwin y Miller Maryless. **Estadística matemática con aplicaciones.** Sexta edición 2000.
7. 1987. Maalishev A/Nikolaiev G. / Shuvalov Y. **Tecnología de los Metales.** Editorial, Mir, Moscú.

8. **Norma ASTM A 615.**
9. **Norma COGUANOR NGO 36011** Comisión Guatemalteca de Normas.

REFERENCIA ELECTRÓNICA

10. **WWW.ACEROSDEGUATEMALA.COM.**
11. **WWW.ACESUASA.COM.**
12. **WWW.ACEROSDELSUR.COM.GT.**

APÉNDICE

1. Informe Sección de Metales, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
2. Informe Sección de Aglomerantes y Morteros, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
3. Informe Departamento de Control de Calidad SIDEGUA, Composición química varillas de acero nacional e importado.



INFORME No.607-M

INTERESADO: JULIO D. MARROQUIN O.

PROYECTO: TESIS "COMPARACION DE LA COMPOSICION QUIMICA Y LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS EN BARRAS DE ACERO No. 3 GRADO 40 DE ACUERDO A SU ORIGEN".

ASUNTO: ENSAYO DE TENSION

FECHA: GUATEMALA, 4 DE MAYO DE 2007.

El estudiante Julio Daniel Marroquín Ordóñez, con carné No. 92-13152 de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de tensión a 38 barras de acero de 3/8" de diámetro grado 40, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis "COMPARACION DE LA COMPOSICION QUIMICA Y LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS EN BARRAS DE ACERO No. 3 GRADO 40 DE ACUERDO A SU ORIGEN".

RESULTADOS DE ENSAYOS EN MAQUINA UNIVERSAL BALDWIN LIMA-HAMILTON

Datos

Identificación	Peso Kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm ²	Espaciamiento mm	Ancho Ribete mm	Altura mm
1N	0.425	8.31	26.10	0.542	12.30	1.91	0.73
2N	0.422	8.28	26.01	0.538	12.30	2.29	0.35
3N	0.425	8.31	26.11	0.542	12.20	2.22	0.41
4N	0.431	8.37	26.29	0.550	12.20	2.20	0.51
5N	0.431	8.37	26.30	0.550	12.30	2.47	0.71
6N	0.427	8.33	26.16	0.544	12.20	2.16	0.67
7N	0.438	8.43	26.49	0.558	12.30	2.48	0.75
8N	0.435	8.40	26.38	0.554	12.30	2.40	0.66
9N	0.431	8.36	26.26	0.549	12.20	2.25	0.64
10N	0.424	8.30	26.09	0.541	12.30	2.16	0.64
11N	0.429	8.35	26.22	0.547	12.20	2.34	0.58
12N	0.425	8.31	26.12	0.543	12.20	2.15	0.27
13N	0.435	8.41	26.41	0.555	12.20	1.99	0.57
14N	0.425	8.31	26.10	0.542	12.30	2.00	0.45
15N	0.414	8.20	25.76	0.528	12.20	2.17	0.66
16N	0.435	8.41	26.41	0.555	12.30	2.18	0.50
17N	0.442	8.47	26.62	0.564	12.30	2.45	0.64
18N	0.428	8.34	26.21	0.546	12.20	2.66	0.51

ESPECIFICACION SEGÚN NORMA COGUANOR 36011 PARA BARRA DE 3/8"

Peso Kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm ²	Espaciamiento mm	Ancho Ribete mm	Altura mm
0.526 Mínimo	9.25 Mínimo	29.05 Mínimo	0.67 Mínimo	13.32 Máximo	3.63 Máximo	0.38 Mínimo





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 20078

INFORME 607-M

Datos

Identificación	Peso Kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm ²	Espaciamiento mm	Ancho Ribete mm	Altura mm
1 I	0.466	8.70	27.32	0.594	14.30	1.55	0.45
2 I	0.464	8.68	27.26	0.591	14.30	1.53	0.43
3 I	0.467	8.71	27.38	0.596	14.40	1.44	0.80
4 I	0.469	8.73	27.43	0.599	14.40	1.46	0.59
5 I	0.464	8.68	27.27	0.592	14.40	1.43	0.80
6 I	0.464	8.69	27.29	0.592	14.40	1.47	0.41
7 I	0.468	8.72	27.41	0.597	14.30	1.54	0.27
8 I	0.462	8.66	27.21	0.489	14.40	1.66	0.56
9 I	0.465	8.70	27.32	0.594	14.40	1.46	0.52
10 I	0.467	8.71	27.38	0.596	14.30	1.39	0.58
11 I	0.465	8.69	27.30	0.593	14.30	1.51	0.18
12 I	0.466	8.70	27.33	0.594	14.40	1.71	0.74
13 I	0.467	8.71	27.36	0.595	14.30	1.51	0.71
14 I	0.468	8.72	27.41	0.597	14.30	1.56	0.40
15 I	0.465	8.69	27.31	0.593	14.40	1.56	0.54
16 I	0.460	8.64	27.16	0.587	14.30	1.54	0.71
17 I	0.464	8.69	27.29	0.592	14.40	1.58	0.77
18 I	0.464	8.68	27.27	0.592	14.40	1.45	0.52
19 I	0.460	8.65	27.17	0.587	14.30	1.47	0.62
20 I	0.463	8.68	27.26	0.591	14.30	1.56	0.54

ESPECIFICACION SEGÚN NORMA COGUANOR 36011 PARA BARRA DE 3/8"

Peso Kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm ²	Espaciamiento mm	Ancho Ribete mm	Altura mm
0.526 Mínimo	9.25 Mínimo	29.05 Mínimo	0.67 Mínimo	13.32 Máximo	3.63 Máximo	0.38 Mínimo

ESFUERZOS

Identificación	Fluencia mpa	Máxima Mpa	Ruptura Mpa	Reducción De Área %	Alargamiento 20 cms (%)	GRADO
1N	351	525	480	54.45	21.00	40
2N	335	518	492	38.02	22.00	40
3N	344	517	470	50.32	23.00	40
4N	350	535	450	44.28	22.00	40
5N	339	522	481	44.96	18.00	40
6N	339	515	490	53.79	18.00	40
7N	353	536	509	32.71	21.00	40
8N	336	522	488	40.10	18.00	40
9N	339	514	504	39.89	19.00	40
10N	328	505	457	46.99	23.00	40
11N	316	502	454	60.02	20.00	40
12N	324	506	448	53.60	22.00	40
13N	320	497	447	51.29	19.00	40
14N	322	505	454	45.00	18.00	40
15N	319	520	463	50.30	22.00	40
16N	338	513	458	52.01	22.00	40
17N	317	496	437	52.67	22.00	40
18N	332	514	478	61.63	21.00	40





INFORME No.607-M

INTERESADO: JULIO D. MARROQUIN O.

Identificación	Fluencia mpa	Máxima Mpa	Ruptura Mpa	Reducción De Area %	Alargamiento 20 cms (%)	GRADO
1 I	329	476	426	50.82	22.00	40
2 I	342	483	428	56.57	24.00	33
3 I	341	482	405	61.64	22.00	33
4 I	334	480	428	61.73	24.00	33
5 I	336	482	434	60.33	25.00	33
6 I	333	480	430	62.97	25.00	33
7 I	337	479	432	56.60	25.00	33
8 I	333	481	434	54.37	25.00	33
9 I	337	484	410	60.05	25.00	40
10 I	332	479	433	52.08	26.00	33
11 I	341	485	415	69.05	22.00	40
12 I	330	479	433	50.40	22.00	33
13 I	336	483	427	58.21	24.00	40
14 I	338	479	427	63.32	23.00	33
15 I	334	483	433	50.66	26.00	40
16 I	333	483	428	59.62	25.00	40
17 I	329	482	432	57.21	25.00	33
18 I	340	486	446	59.95	25.00	40
19	332	484	439	59.01	24.00	40
20 I	337	481	421	58.05	22.00	33

ESPECIFICACIONES DEL ACERO SEGÚN NORMA COGUANOR 36011 PARA GRADO 33

Fluencia Mpa	Máxima mpa	Alargamiento 20 cms (%)
228 Mínimo	379 Mínimo	20 Mínimo

ESPECIFICACIONES DEL ACERO SEGÚN NORMA COGUANOR 36011 PARA GRADO 40

Fluencia Mpa	Máxima mpa	Alargamiento 20 cms (%)
276 Mínimo	483 Mínimo	11 Mínimo

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Jefe Sección Metales y Productos Manufacturados
Productos Manufacturados

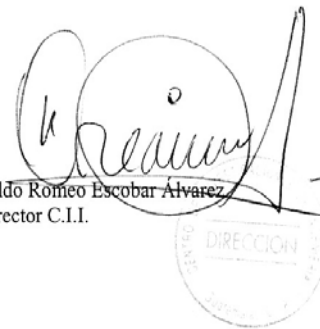
/cbr



Atentamente,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
Director C.I.I.





O.T. No. 20078

INFORME No. 607-M

INTERESADO: JULIO D. MARROQUIN O.
PROYECTO: TESIS "CORPORACION DE LA COMPOSICION DE LA COMPOSICION
QUIMICA Y LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS EN BARRAS DE
ACERO No. 3 GRADO 40 DE ACUERDO A SU ORIGEN".

PRUEBA DE DOBLADO A BARRAS DE ACERO No. 3 GRADO 40

Ø Nominal	Identificación	Prueba de doblado 180°
3/8"	GRADO 40 1N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 2N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 3N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 4N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 5N	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 6N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 7N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 8N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 9N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 10N	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 11N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 12N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 13N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 14N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 15N	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 16N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 17N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 18N	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 11	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 21	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 31	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 41	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 51	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 61	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 71	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 81	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 91	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 101	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 111	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 121	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 131	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 141	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 151	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 161	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 171	Paso Prueba
3/8"	GRADO 40 181	Paso prueba
3/8"	GRADO 40 191	Paso prueba





Orden de Trabajo No. 21725

Informe No. 07/2007 S. AM

Interesado: Julio Daniel Marroquín Ordóñez
Proyecto: Trabajo de graduación "Comparación de la composición química y las propiedades físico mecánicas en barras de acero No. 3 grado 40 de acuerdo a su origen"
Asunto: Ensayo de dureza Brinell y ensayo de impacto Charpy
Fecha: 06 de Julio de 2007

1. **Generalidades:** el interesado proporcionó los materiales necesarios para elaborar los ensayos, siendo estos los siguientes:

- 190 probetas de acero (varillas)
- 31 probetas de acero (piezas rectangulares)

2. **Procedimiento:** la prueba de Dureza Brinell se trabajó de acuerdo a lo indicado por el interesado sin apego a la norma y la prueba de impacto Charpy según norma ASTM E-23.

3. **Resultados:**

3.1. **Dureza Brinell**

Carga = 3000 Kg. Esfera de penetración = 5 mm Tiempo = 15 seg

NACIONAL		IMPORTADO	
Probeta	Dureza Brinell (kg/mm ²)	Probeta	Dureza Brinell (kg/mm ²)
1	120	1	111
2	103	2	109
3	112	3	112
4	102	4	107
5	103	5	108
6	115	6	100
7	124	7	104
8	117	8	103
9	124	9	109
10	121	10	113
11	103	11	90



12	119	12	100
13	118	13	115
14	111	14	105
15	111	15	111
16	111	16	106
17	107	17	105
18	111	18	106
		19	115
		20	100

3.2. Prueba de Impacto Charpy

NACIONAL		IMPORTADO	
Probeta	Energía Absorbida (kg-m)	Probeta	Energía Absorbida (kg-m)
1	9.0	1	11.0
2	12.0	2	11.5
3	13.0	3	11.5
4	13.0	4	11.0
5	12.5	5	11.5
6	13.0	6	11.0
7	12.5	7	10.6
8	9.5	8	12.0
9	6.5	9	9.5
10	8.5	10	13.0
11	11.5	11	10.0
12	11.5	12	10.7
		13	10.0
		14	9.6
		15	9.5
		16	10.8
		17	9.9

Atentamente:


Inga. Dilma Yahet Mejicanos Jol
Jefa Sección Aglomerantes y Morteros


Vo. Bo.
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez,
Director Centro de Investigaciones de
Ingeniería

**ANÁLISIS QUÍMICOS, LABORATORIO DE SIDEGUA
ESPECTRÓMETRO ARL, 3460, INFORMA LO SIGUIENTE:**

DATOS GENERALES:
INFORME: CC01-07
INTRERESADO: JULIO MARROQUIN

PROYECTO: ANÁLISIS DE QUÍMICO DE MUESTRAS DE JULIO MARROQUIN
PROVEEDOR: JULIO MARROQUIN
FECHA: 12 DE ENERO DE 2007
No. CORRELATIVO: DEL 1 AL 15 APARIENCIA: BUENA
IDENTIFICACIÓN: N = NACIONAL, I = IMPORTADA.

Por este medio se informa que se analizaron 30 muestras de varilla de 3/8" identificadas como I = Importadas (15 muestras) y N = Nacional (15 muestras) dando los siguientes resultados.

MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO N = NACIONAL												
ORDEN	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu	Sn	Al	Ceq	Res
N - 1	0.329	0.066	0.045	0.027	0.687	0.009	0.016	0.007	0.001	0.004	0.446	0.041
N - 2	0.349	0.091	0.037	0.014	0.662	0.007	0.006	0.006	0.001	0.002	0.461	0.027
N - 3	0.351	0.084	0.025	0.008	0.650	0.004	0.007	0.006	0.001	0.002	0.460	0.026
N - 4	0.313	0.070	0.030	0.018	0.641	0.006	0.016	0.006	0.001	0.002	0.421	0.037
N - 5	0.329	0.070	0.033	0.021	0.670	0.007	0.016	0.006	0.001	0.002	0.443	0.038
N - 6	0.316	0.070	0.029	0.018	0.642	0.006	0.016	0.006	0.001	0.002	0.425	0.037
N - 7	0.325	0.078	0.033	0.016	0.679	0.006	0.007	0.007	0.002	0.001	0.439	0.028
N - 8	0.340	0.084	0.024	0.006	0.628	0.004	0.007	0.005	0.001	0.003	0.445	0.025
N - 9	0.318	0.065	0.038	0.028	0.678	0.009	0.016	0.007	0.002	0.002	0.433	0.041
N - 10	0.326	0.070	0.034	0.021	0.659	0.006	0.016	0.006	0.001	0.002	0.438	0.037
N - 11	0.328	0.067	0.034	0.022	0.669	0.007	0.016	0.006	0.001	0.001	0.441	0.038
N - 12	0.319	0.068	0.045	0.023	0.679	0.007	0.016	0.007	0.001	0.003	0.434	0.041
N - 13	0.324	0.071	0.032	0.019	0.659	0.006	0.016	0.006	0.001	0.001	0.436	0.036
N - 14	0.340	0.083	0.033	0.012	0.667	0.005	0.008	0.007	0.001	0.001	0.452	0.028
N - 15	0.337	0.097	0.038	0.010	0.637	0.005	0.007	0.007	0.001	0.001	0.444	0.027

MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO I = IMPORTADA												
ORDEN	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu	Sn	Al	Ceq	Res
I-1	0.215	0.157	0.026	0.008	0.608	0.059	0.089	0.173	0.015	0.013	0.332	0.368
I-2	0.198	0.139	0.034	0.016	0.618	0.061	0.085	0.181	0.015	0.004	0.316	0.364
I-3	0.341	0.070	0.032	0.021	0.665	0.007	0.016	0.007	0.001	0.005	0.454	0.041
I-4	0.209	0.130	0.086	0.033	0.679	0.074	0.082	0.222	0.085	0.001	0.339	0.479
I-5	0.198	0.137	0.036	0.019	0.630	0.063	0.085	0.186	0.016	0.009	0.319	0.375
I-6	0.200	0.144	0.034	0.016	0.626	0.062	0.086	0.182	0.016	0.005	0.320	0.367
I-7	0.210	0.149	0.029	0.011	0.613	0.060	0.088	0.175	0.015	0.001	0.328	0.356
I-8	0.213	0.135	0.033	0.019	0.632	0.063	0.084	0.187	0.016	0.000	0.334	0.367
I-9	0.197	0.143	0.031	0.015	0.619	0.061	0.085	0.179	0.015	0.000	0.316	0.357
I-10	0.200	0.141	0.031	0.015	0.620	0.061	0.085	0.180	0.015	0.000	0.319	0.357
I-11	0.199	0.136	0.036	0.020	0.634	0.063	0.084	0.187	0.016	0.000	0.320	0.367
I-12	0.198	0.136	0.040	0.022	0.648	0.065	0.085	0.191	0.016	0.003	0.322	0.376
I-13	0.198	0.142	0.034	0.016	0.628	0.062	0.085	0.183	0.016	0.000	0.318	0.363
I-14	0.200	0.137	0.036	0.019	0.636	0.063	0.085	0.187	0.016	0.000	0.322	0.368
I-15	0.200	0.143	0.033	0.016	0.628	0.062	0.086	0.182	0.016	0.001	0.320	0.364

Atentamente,




 Ing. Mayra Liset Méndez Oviedo
 Colegiado No: 1196