UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

OBTENCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD Y RAZON DE POISSON EN DIFERENTES GRADOS DE ACERO AL MANGANESO

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA
CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

QUE PRESENTA EL

MC. MOISES ESPINOSA ESQUIVEL

CD. UNIVERSITARIA AGOSTO DE 2000

M E E

OBTENCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD Y
RAZON DE POISSON EN DIFERENTES GRADOS
DE ACERO AL MANGANESO

TM
Z5853
.M2
FIME
2000
E7

1020133333

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

OBTENCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD Y RAZON DE POISSON EN DIFERENTES GRADOS DE ACERO AL MANGANESO

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA
CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

QUE PRESENTA EL

MC. MOISES ESPINOSA ESQUIVEL

CD. UNIVERSITARIA AGOSTO DE 2000

TM
Z5853
.M2
FIME
2000
E7

0023-65860

FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENÍERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RAZÓN DE POISSON EN DIFERENTES GRADOS DE ACERO AL MANGANESO

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

QUE. PRESENTA EL

MC. MOISES ESPINOSA ESQUIVEL

CD.UNIVERSITARIA AGOSTO DE 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENÍERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RAZÓN DE POISSON EN DIFERENTES GRADOS DE ACERO AL MANGANESO

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

QUE. PRESENTA EL

M.C. MOISES ESPINOSA ESQUIVEL

CD.UNIVERSITARIA AGOSTO DE 2000

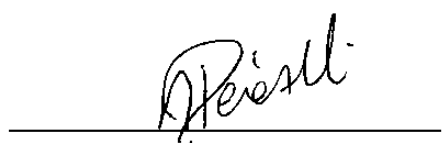
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENÍERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

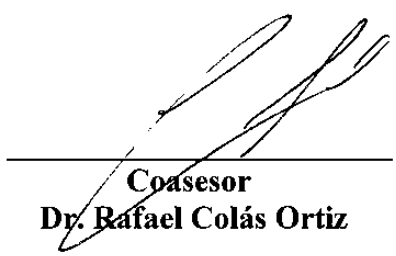
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RAZÓN DE POISSON EN DIFERENTES GRADOS DE ACERO AL MANGANESO", realizada por el alumno MC. Moises Espinosa Esquivel con numero de matricula 038662, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Materiales.

El Comité de Tesis



Asesor
Dr. Alberto Perez Unzueta



Coasesor
Dr. Rafael Colás Ortiz

Coasesor
MC. Carlos J. Lizcano Zulaica

Vo.Bo.
MC. Roberto Villarreal Garza
Subdirección de Estudios postgrado

Sn. Nicolas de los Garza, N.L. Agosto de 2000

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica a través de sus diferentes áreas académicas que me apoyaron en el desarrollo de esta tesis.

Al Secretario Académico de la Universidad Autónoma de Nuevo León MC. José Antonio González Treviño por su apoyo e interés en la realización de esta tesis como parte de mi superación académica como profesor de carrera de nuestra facultad.

Al MC. Cástulo E. Vela Villarreal director de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por contar siempre con su apoyo e interés en el desarrollo de este estudio.

Al MC. Roberto Villarreal Garza Subdirector de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por su apoyo e interés en el desarrollo de esta tesis.

Al MC. Carlos Lizcano Zulaica muy especialmente, por darme la oportunidad de experimentar en estos materiales de investigación y aportar este estudio al conocimiento de ellos, como por su disposición en la asesoría y facilidades técnicas para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Alberto Pérez Unzueta por su asesoría, apoyo e interés en la culminación de esta tesis.

Al Dr. Rafael Colás Ortiz por su colaboración en la asesoría y revisión de este trabajo.

Al Ing. Omar Cerda Rodríguez por su disposición, colaboración y apoyo que me brindo durante este proyecto.

A mis compañeros maestros de nuestra facultad y en especial a mis amigos maestros del H. Departamento de Mecánica de los Materiales MC. Ruben Chavez Castillo, MC. Cesar G. Dimas Acevedo, MC. Francisco J. Olvera Rodríguez, Ing. Florencio Cuellar Salazar, Ing. Jesús R. Benavides Ortiz, Ing. M. Jaime borjas Gracia, Ing. Juan Antonio García Ruiz , Ing. Pedro Alvarez Reyna, Ing. Hector Cavazos Treviño, Ing. Lorenzo Vela Peña que me brindaron su apoyo para la realización de este trabajo.

A la empresa HYLSA y a su departamento de investigación y desarrollo en particular al Dr. Ignacio Alvarez Elcoro por las facilidades y atenciones prestadas para el desarrollo de esta tesis.

Al CONALEP(San Nicolás) por las facilidades prestadas en el área de tratamientos térmicos para el desarrollo de esta tesis.

INDICE

PROLOGO

SINTESIS 1

CAPITULO 1. INTRODUCCION 3

1.1.- Descripción del problema a resolver 3

1.2.- Objetivo de la tesis 3

1.3.- Justificación de la tesis 4

1.4.- Hipótesis 4

1.5.- Límites del estudio 4

1.6.- Metodología 5

1.7.- Revisión bibliográfica 5

CAPITULO 2. TRATAMIENTO TERMICO INTERCRÍTICO 6

2.1 .- Introducción 6

2.2 .- Tratamiento térmico intercrítico en aceros al manganeso 6

2.3 .- Enfriamiento rápido 8

2.4 .- Microestructura de los aceros doble fase al manganeso 8

2.5.- Propiedades de los aceros duales 14

CAPITULO 3. TEORIA DE LA ELASTICIDAD 20

3.1.- Introducción 20

3.2.- Isotropía y Homogeneidad 22

3.3.- Constantes elásticas físicas 28

CAPITULO 4. ENSAYOS ESTATICOS DE TENSION 34

4.1.- Estandarización de los ensayos para la obtención del módulo de Elasticidad 34

4.2.- Recomendaciones del estándar ASTM E8, E 111-82 36

4.3.- Cálculo del módulo de elasticidad 37

4.4.- Características mecánicas obtenidas 39

CAPITULO 5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 40

5.1.- Obtención del material y maquinado según estándar ASTM E8 40

5.2.- Tratamiento térmico intercrítico 41

5.3.- Instrumentación de los medidores eléctricos de deformación. 42

5.3.1 Selección de un medidor eléctrico 42

5.3.2 Técnicas de pegado de un medidor eléctrico 43

5.4.- Desarrollo de los ensayos de Tensión según estándar ASTM E 8 44

CAPITULO 6. RESULTADOS 46

6.1.- Introducción 46

6.2.- Porcentajes e identificación del acero al manganeso 46

6.3.- Bitácoras y gráficos de los ensayos estáticos de tensión 47

6.4.- Resultados de las constantes de elasticidad 47

6.5.- Diseño experimental 48

6.6.- Análisis estadístico de los datos. 49

6.7.- Resultados de los ensayos Rockwell 49

6.8.- Apéndice A Registro de bitácoras y gráficos, 74

Apéndice B Gráficos de variación de las constantes elásticas

CAPITULO 7. CONCLUSIONES 175

7.1.- Conclusiones 175

BIBLIOGRAFÍA 177

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 179

LISTADO DE TABLAS Y GRÁFICAS 181

LISTADO DE FIGURAS 184

GLOSARIO 186

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO 188

PROLOGO

En el desarrollo tecnológico de los materiales una parte importante es la caracterización mecánica, donde las propiedades y características mecánicas juegan un papel importante en la ingeniería, medicina, bioingeniería, automatización, manufactura entre otras ramas de la ciencia.

En los materiales, desde que se inicia su estudio se piensa en ciertas propiedades y características deseadas para su aplicación, por lo que para lograrlo se parte de ciertas hipótesis en el estudio y se desarrolla una metodología científica para su fin.

Se puede decir, que la etapa donde se definen estas propiedades y características del material es durante la formación de su estructura cristalina o amorfa según sea el caso. Otro aspecto de interés en el desarrollo de los materiales, es sin duda los tratamientos térmicos que se le pueden hacer para modificar algunas de sus propiedades, morfología de su microestructura, etc.

Ante esta perspectiva, el presente estudio consideró un material como es el acero 1045 al cual se le hizo variar su contenido de manganeso seleccionando seis grados diferentes.

Además, se realizó el tratamiento térmico intercrítico en los aceros y se les templó para lograr una microestructura específica. controlando el medio térmico a través de un gas inerte a cierta presión, para obtener los aceros duales ferríticos–martensíticos al manganeso como parte de la investigación tecnológica de los nuevos materiales.

Este proceso térmico produce cambios en sus propiedades y características dentro de las cuales se hallan las constantes de elasticidad, siendo las de interés en este trabajo. A través de la aplicación de técnicas experimentales de los medidores eléctricos de deformación para la realización de los ensayos estáticos de tensión en la zona elástica.

Finalmente se analizó la base de datos obtenida para las constantes de poisson y módulo elástico en los aceros 1045, aceros al manganeso básicos y los tratados térmicamente, usando las herramientas del diseño de experimentos a través del análisis de varianza y la prueba T para realizar las inferencias correspondientes.

SINTESIS

Las constantes de elasticidad para los materiales en general son aplicables en el análisis de comportamiento mecánico a través de las diferentes teorías elásticas.

En este estudio se trato de aportar los posibles cambios experimentados en estas constantes elásticas, para los diferentes grados de aceros al manganeso.

Se dimensionaron las muestras de acuerdo a un estándar sugerido para el tipo de ensayo a realizar. En cuanto a las pruebas experimentales, estas se llevaron a cabo a través de tratamientos térmicos cuidando los procedimientos recomendados para el control de la atmósfera, la temperatura, y el tiempo.

En los ensayos estáticos de tensión a temperatura ambiente se registró las deformaciones longitudinal y lateral en cada pieza, elaborando las gráficas de esfuerzo-deformación correspondientes a cada una de ellas. En lo referente a las constantes elásticas, se obtuvieron, para cada grado de acero al manganeso en su condición básica y tratada térmicamente así como para el acero 1045, estas constantes son: el módulo elástico a carga axial y cortante, la razón de Poisson, el módulo de Bulk o volumétrico y la constante de Lamé. Además se desarrollaron ensayos de dureza Rockwell.

Finalmente se procedió a realizar un análisis estadístico entre el acero 1045, el acero al manganeso sin tratar y tratado térmicamente para comprobar la hipótesis y determinar las conclusiones del estudio.

Estos aceros al manganeso de doble fase ferrito-martensita, se consideran como una solución a los problemas de corrosión en ingeniería civil para la construcción de puentes, carreteras, aceros de alto estiraje, cables o alambres de alta resistencia y aplicaciones de resistencia a la corrosión, etc., de tal forma que la aportación científica que se haga a su estudio ayudará a mejorar el conocimiento de estos aceros.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- Descripción del problema.

Siempre que se desarrollan nuevas aleaciones y en particular nuevos aceros, se requiere de una caracterización metódica de las propiedades mecánicas de dichos aceros. Los aceros aquí estudiados se diseñarán buscando una relación microestructural ferrítica-martensítica que pudiera proporcionar propiedades mecánicas y que a su vez tengan buena resistencia a la corrosión . El problema a resolver es la caracterización completa de las propiedades mecánicas obteniendo estas constantes de elasticidad.

1.2.- Objetivo de la tesis

El objetivo de esta tesis es aplicar las técnicas de experimentación de los medidores eléctricos de deformación en la obtención de las características elásticas y mecánicas de diferentes grados de aceros al manganeso en su condición básica y tratada térmicamente, comparándose con las del acero 1045.

Las constantes elásticas a obtener nos servirán para calcular algunas propiedades mecánicas en los materiales, en el planteamiento de esta tesis se tiene que las constantes

elásticas de los aceros al manganeso se obtienen experimentalmente haciendo uso del indicador electrónico de deformaciones (" puente de Wheatstone ") y los medidores eléctricos de deformación usando la técnica de pegado en el espécimen. En el material se tomarán lecturas de carga y deformación unitaria para luego determinar, sobre la base de métodos analíticos y gráficos de comportamiento dichas constantes elásticas.

1.3.- Justificación de la tesis

Las constantes elásticas que se obtendrán experimentalmente no se tienen definidas para los diferentes grados de acero al manganeso, por lo común se consideran los valores promedios para aceros en general, este estudio nos proporcionará los valores reales promedio en que estarían estos aceros al manganeso con y sin tratamiento térmico Intercrítico.

1.4.- Hipótesis del estudio

Se considerará como hipótesis que las constantes de elasticidad de estos aceros no tendrán una variación significativa al ser considerada la variación en el porcentaje de manganeso y el tratamiento térmico intercrítico.

1.5.- Límites del estudio

Las limitaciones en el estudio son los medidores de deformación eléctricos en cuanto a su grado de sensibilidad a la deformación y funcionamiento elástico, las condiciones originales del tratamiento térmico descritas mas adelante y los efectos del oxígeno en el tratamiento térmico intercrítico y además la cantidad de especímenes por muestra.

1.6.- Metodología

La muestra a estudiar es un acero al manganeso en diferentes grados para varillas de construcción civil, tratadas térmicamente.

Los experimentos a realizar son:

- Tratamientos Térmicos intercríticos
- Pruebas Mecánicas
- Pruebas experimentales de Medición de Deformación
- Diseño experimental estadístico para la obtención de la mediana, desviación estándar, análisis de varianza.

1.7-. Revisión Bibliográfica

Los estudios existentes para el cálculo y obtención de las constantes elásticas son en general para aceros que cubren alguna especificación o norma internacional. Estos aceros al ser completamente nuevos y con tratamientos térmicos esperados, requieren de un estándar sistemático la diferencia de este estudio con la biografía existente para aceros duales es de que las constantes elásticas han sido obtenidas en materiales con tratamiento estándar. El estudio se basará en aceros duales en diferentes grados al manganeso tratados térmicamente y sin tratar, para obtener tanto el cambio morfológico esperado y las constantes elásticas. Siendo esta la diferencia de este estudio con la bibliografía existente.

CAPÍTULO 2

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

2.1.-Introducción

El tratamiento térmico intercrítico aplicado a los aceros al manganeso bifásicos tiene como propósito cambiar las propiedades mecánicas y la microestructura para obtener aquellas deseadas en producto final. Mejorar la resistencia a la corrosión es una de las propiedades que se busca en este tipo de aceros.

2.2.- Tratamiento térmico intercrítico en aceros doble fase al manganeso.

El tratamiento térmico intercrítico para los aceros duales al manganeso consiste en llevar los especímenes a un intervalo de temperatura entre 751-937 °C dentro de la región ferrita-austenita, $(\alpha + \gamma)$ durante un tiempo determinado, en función del tamaño de la pieza en un medio preferentemente a base de gas argón para evitar el oxígeno. Después se enfría rápidamente en agua.

El tratamiento térmico a realizar para los aceros doble fase ferrítico-martensítico nos proporciona un rango amplio de resistencia mecánica y ductilidad al estar variando un cierto rango de temperaturas.

Este tratamiento térmico se aplica en aceros de bajo contenido de carbono, llevando la aleación a la zona bifásica ferríta + austenita $(\alpha + \gamma)$ en el proceso de calentamiento como se ve en la figura 2.1 y posteriormente se templa en agua. El objetivo de este tratamiento es transformar la austenita en martensita dislocada de alta resistencia y rigidez, con una matriz ferrítica.

El mecanismo de resistencia está determinado por la cantidad y morfología de la segunda fase, que generalmente consiste de una martensita con alta resistencia. La martensita puede ser rígida o frágil dependiendo principalmente de contenido de carbono. Cualquier fragilidad debida a la martensita es disminuida por la presencia de la matriz de ferrita dúctil.

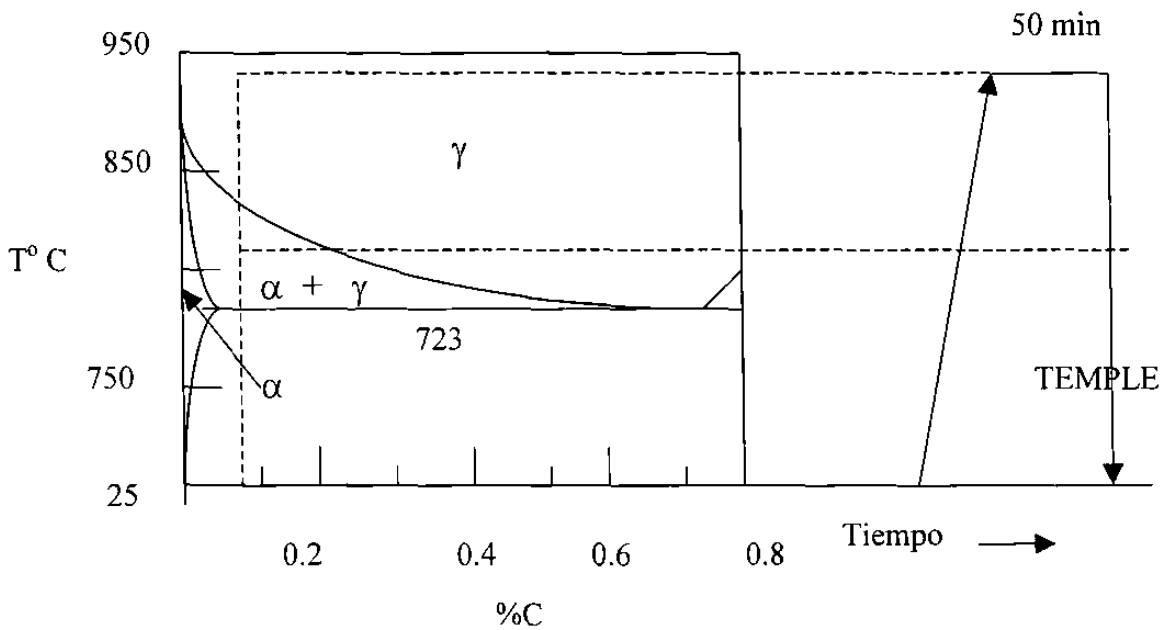


Figura 2.1 Sección del diagrama de fase Fe-C mostrando el tratamiento térmico de temple y el tratamiento intercrítico, según G.Thomas [1]

2.3.-Enfriamiento rápido

El enfriamiento rápido que se realiza a los aceros al manganeso doble fase tratados térmicamente es la parte mas crítica debido a que se puede llegar a formar carburos o nitruros no deseables al contacto con el oxígeno, por lo que el recipiente de temple en agua debe estar próximo al horno. Otro aspecto importante son los posibles cambios dimensionales como la distorsión, que se presenta en los especímenes a enfriar debido al choque térmico.

2.4 .-Microestructura de los aceros doble fase al manganeso

La metalografía óptica y electrónica han sido utilizado para caracterizar estos aceros, ver figura 2.2 en donde se muestra una matriz ferrítica con islas de martensita. El tamaño de grano promedio obtenido por el método de la línea de intersección con 100 lecturas es 10 mm y 6 mm para la ferrita y la martensita respectivamente. Aproximadamente 18% de la fracción de volumen de la fase martensita de bajo carbono fue obtenida después del recocido y templado. En la figura 2c se muestra la típica estructura de perlita y ferríta del tocho de acero normalizado. El tamaño del grano de la ferrita es aproximadamente 10 micras.

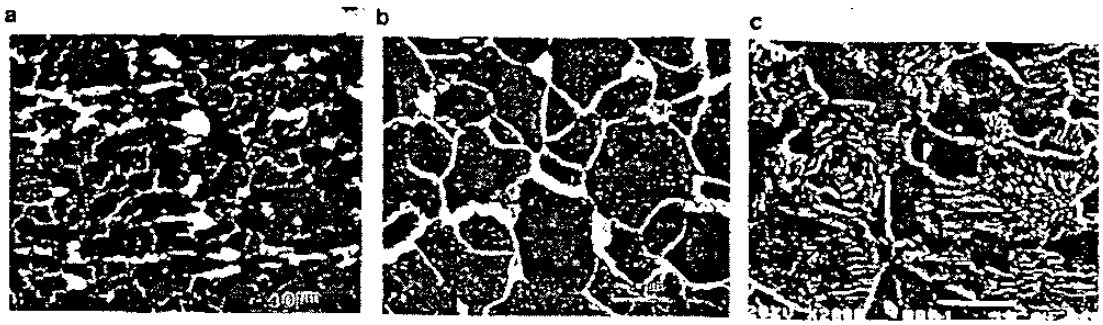


Figura 2.2 .- a).- Micrografia óptica mostrando una matriz de ferrita e islas de martensita dispersa, en una sección longitudinal con tratamiento intercrítico. b).- SEM mostrando islas de martensita en matriz ferrítica de un templado intercrítico. c).- SEM micrografía mostrando la microestructura ferríta-perlita de una barra de acero reforzado convencional según G.Thomas [1]

La figura 2.3 muestra algunas dislocaciones en los granos de ferrita adyacentes a las islas de martensita. Estas dislocaciones son generadas por el cambio de volumen asociado con la transformación de austenita y martensita en el templado y son responsables de la eliminación del punto de cedencia y este fenómeno está asociado a los aceros doble fase .

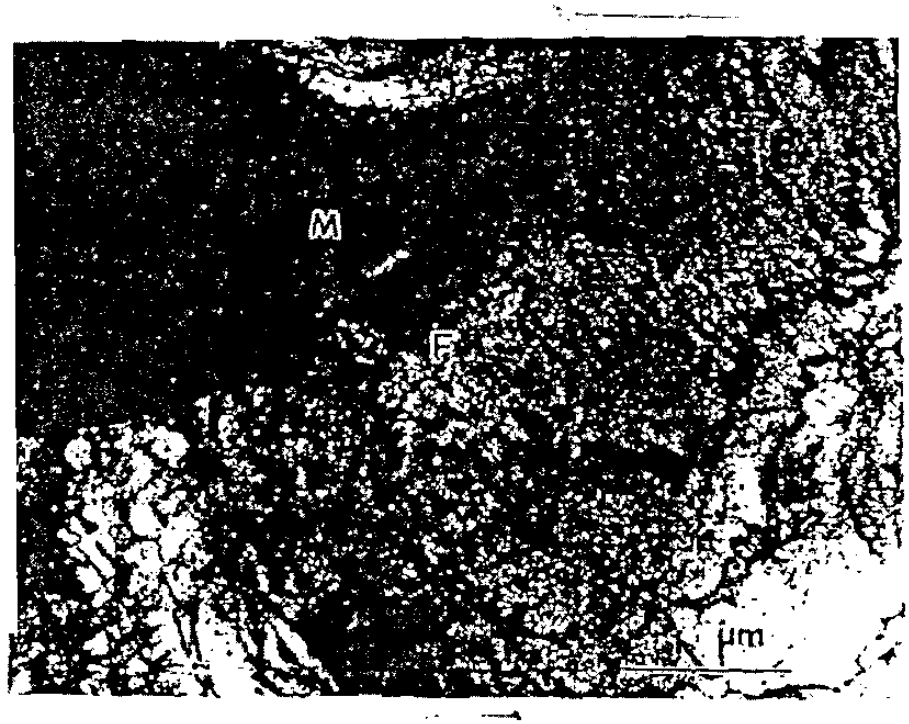
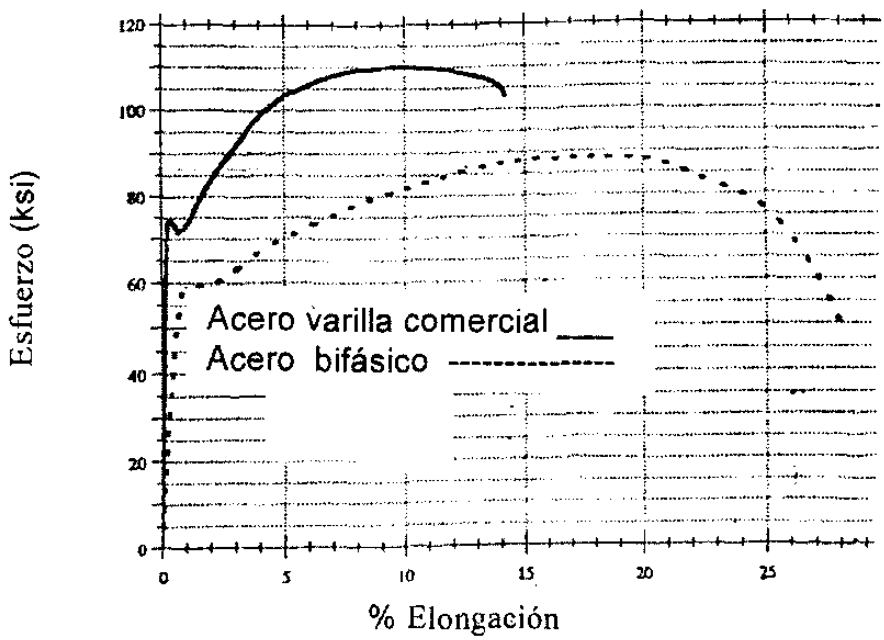


Figura 2.3.- La fotomicrografía obtenida, muestra dislocaciones de alta densidad en granos de ferrita adyacentes a islas de martensita de un espécimen con tratamiento intercrítico, según G.Thomas [1]



La figura 2.4 muestra la curva de esfuerzo - deformación para los aceros duales y acero para varilla comercial.

Esto será notado en un incremento en la resistencia de cedencia de los aceros duales y es atribuido a la pequeña cantidad de martensita de acuerdo a la ecuación 2.1.

$$\sigma = \sigma_m \ v_m + \sigma_f(1-v_m) \qquad (2.1)$$

donde; σ es la resistencia última

σm es la resistencia de la martensita

σf es la resistencia de la ferrita

V_m es la fracción de volumen de la martensita

Al aumentar Vm, sin embargo, los aceros duales pueden proveer propiedades superiores de tensión aún cuando son comparados con los aceros comerciales "Tempcore" [1], ver figura 2.5. En la figura 2.6 se muestra la microestructura del acero dual o doble fase examinado después de 19% de deformación, en donde se puede ver que las islas de martensita experimentan una mínima deformación mientras que la matriz de ferrita es deformada. En granos grandes ambas fases se deforman igual y los aceros duales pueden ser fácilmente estirados en un sólo paso a niveles de resistencia mayores de 2 000 MPa. Por lo tanto los aceros duales pueden ser utilizados en cables o alambres de alta resistencia y aplicaciones de resistencia a la corrosión [1].

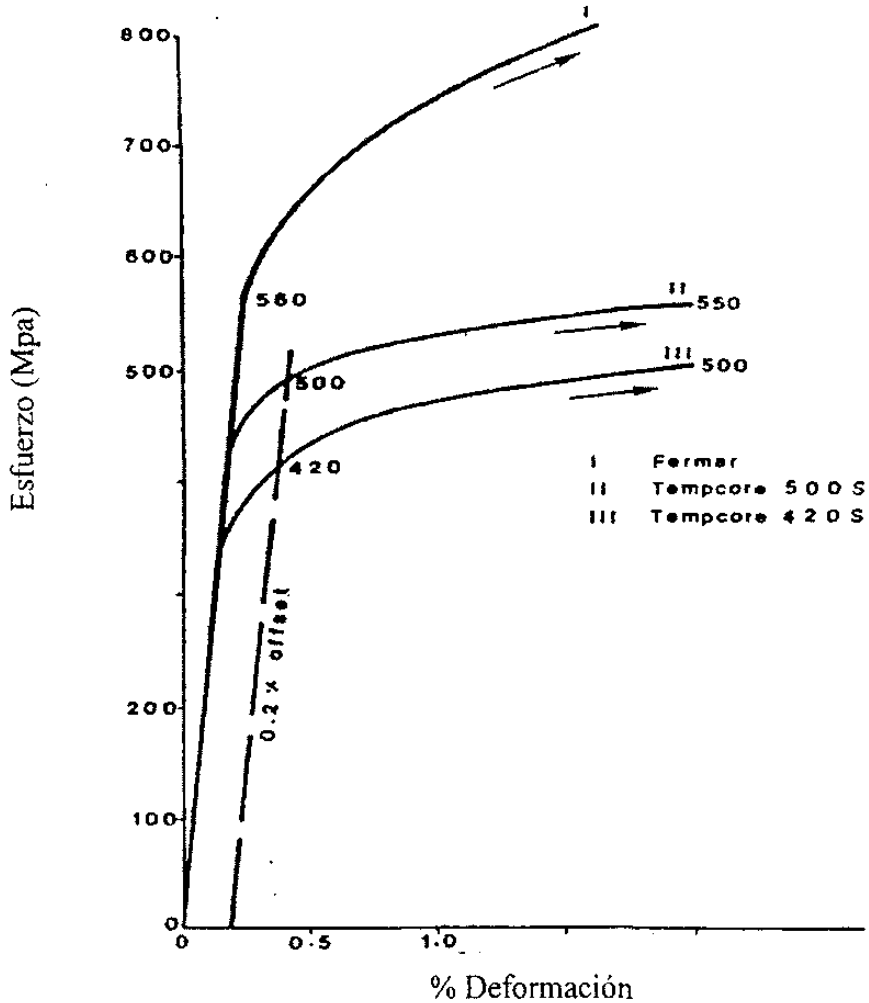


Figura 2.5.- Gráficos de esfuerzo – deformación para aceros duales ferrítico-martensíticos(I fermar), con aproximadamente 30% de martensita comparado con dos barras de acero tempcore I y II.

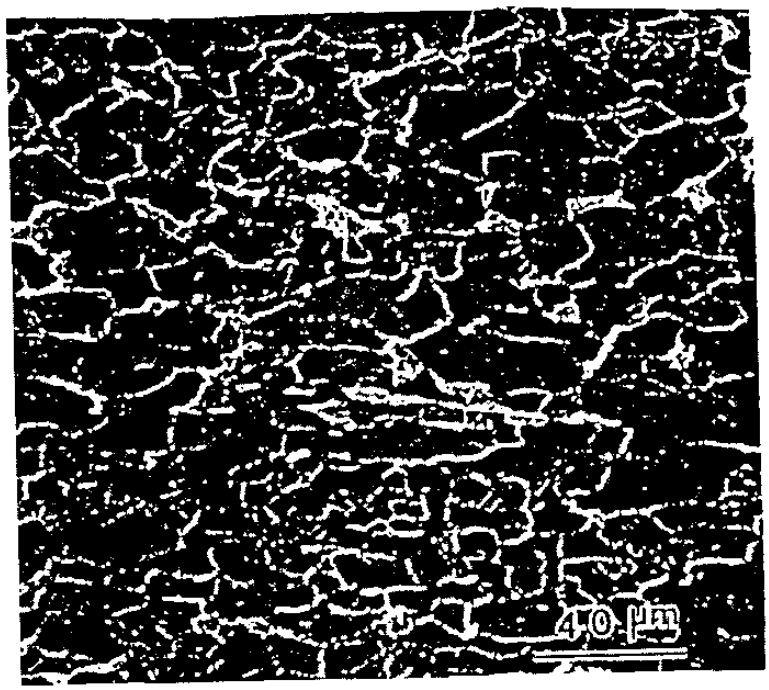


Figura 2.6 La Fotomicrografia muestra la microestructura del espécimen tratado intercríticamente con 19% de deformación, la ferrita se ve deformada y la martensita no aparenta estarlo, según G.Thomas [1].

2.5.-Propiedades mecánicas en aceros al manganeso

Las propiedades mecánicas son determinadas por la morfología del compuesto , el volumen de martensita, el contenido de los aceros al manganeso y por la adición de elementos aleantes. La resistencia ultima del acero aumenta linealmente con el incremento de la fracción de volumen de la Martensita Vm y puede ser calculada empíricamente por la ecuación de la ley de mezclas

$$\sigma=\sigma_m \ v_m + \sigma_f(1-v_m) \qquad 2.1$$

donde σm , σf son las resistencias de tensión de la martensita y la ferrita respectivamente.

Como se muestra en la figura 2.7 [1], la curva de esfuerzo - deformación para un 2% de manganeso en el acero dual con diferentes fracciones volumétricas de martensita, considerando la ecuación (2.1) el comportamiento mecánico de las fibras continuas unidireccional, donde ambos, matriz y las fibras están bien unidos y la deformación de todos los componentes es igual. Aquí, el volumen de martensita deberá exceder el límite más bajo para contribuir a la resistencia y prevenir la falla de las partículas de martensita que podría propagarse inmediatamente.

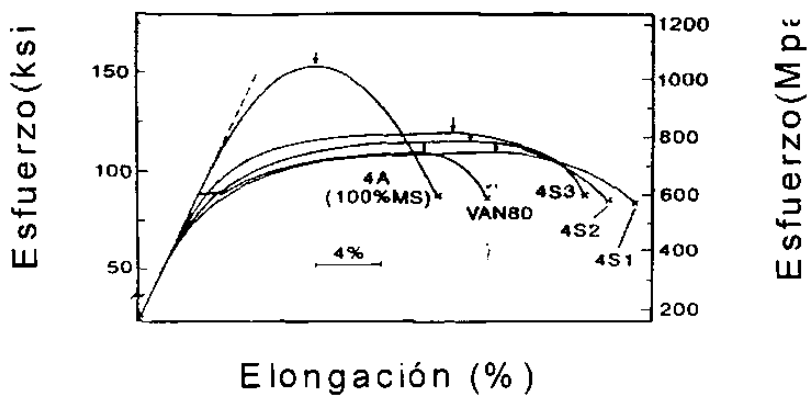


Figura 2.7.- Curvas esfuerzo-deformación para acero dual ferrita - martensita con cantidades variables de fracción de martensita (4A =100%M, 4S3 = 60%M, 4S2 = 40%M, 4S1 = 20%M) según G. Thomas [1].

En la figura 2.8 [1] se muestra uno de los tratamientos térmicos típicos utilizado para obtener acero doble fase. Al tratar los especímenes a una temperatura de 1,100°C , la matriz es transformada a austenita que se transforma a su vez en martensita durante el temple. El tratamiento térmico intercrítico transforma algo de martensita a ferrita, con la fracción volumétrica determinada por el diagrama de fase usando la regla de las cantidades relativas de las fases (o de la palanca). Los niveles de carbono en la

martensíta deberá ser por lo menos de 0.3% para asegurar que la dureza de la transformación martensítica tenga componentes no homogéneos cortantes que ocurran por deslizamiento y no por reflexión gemela que produzcan por lo tanto una fase martensítica suficiente.

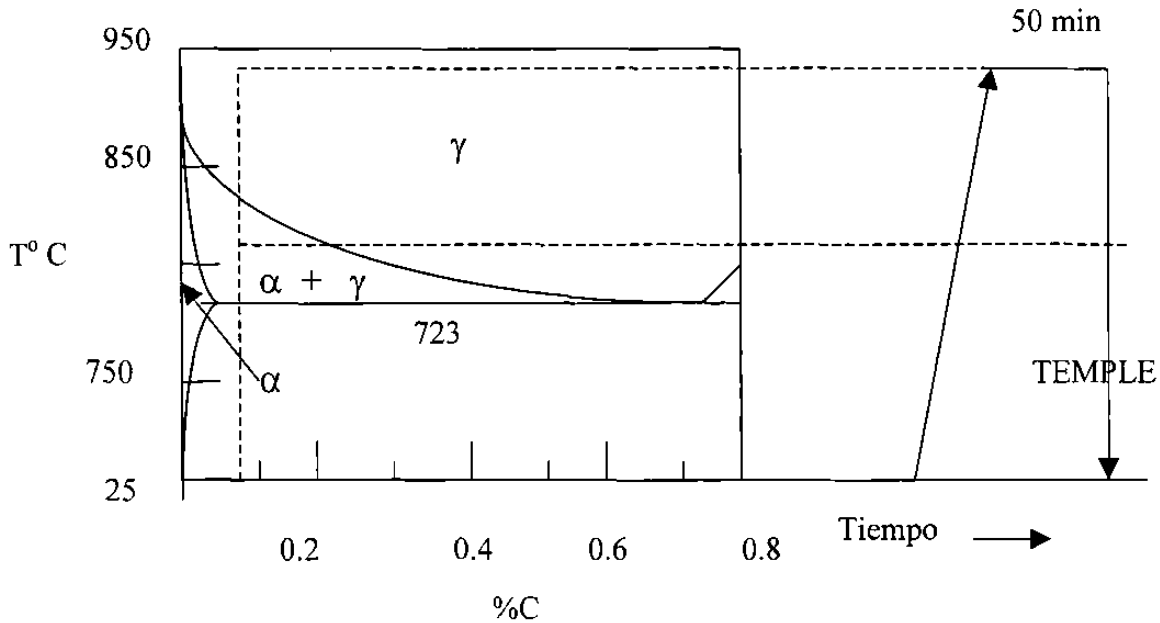


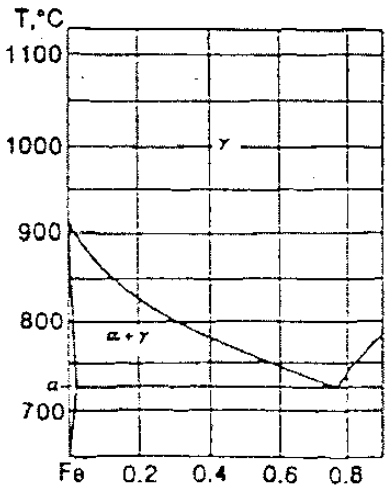
Figura 2.8 .- tratamiento térmico para obtener la estructura bifasica para aceros de bajo carbón. según G. Thomas [1].

Con los más recientes descubrimientos en producción de barras usando rodillos controlados y templado en agua, con mínimas concentraciones sobre la composición del acero (con niveles de carbono de 0.06 a 0.1 % en peso) los aceros duales pueden ser económicos para usarse dentro de estructuras de concreto reforzado.

Con la adición de manganeso a los aceros de bajo carbón como se muestra en la tabla 2.1, el área de ($\alpha + \gamma$) de la región de Fe-C , se incrementa, como se muestra en la figura 2.9. Al incrementar esta pendiente hay más flexibilidad en la operación del proceso de laminación tanto para el control de composición y fracción volumétrica de las dos fases. tal como puede ser visto en la figura 2.9, una pequeña desviación en la

temperatura intercrítica tiene un efecto significativo en el contenido de carbono de la martensita para aceros sin manganeso. Con la adición de manganeso, la pendiente $\gamma/(\alpha+\gamma)$ en la línea de solvus se incrementa considerablemente, por lo que permite menos control sobre la temperatura crítica de recocido e incrementa la flexibilidad del tratamiento térmico intercrítico.

Diagrama de fase Fe-C rico en Fe



Sección del diagrama de fase Fe- Si- C rico en Fe con 2.4% Si

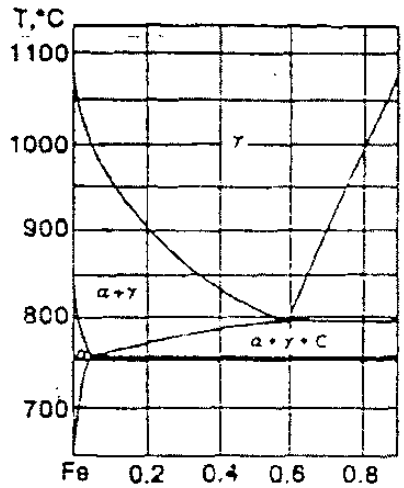


Figura 2.9.- Diagramas de fase mostrando la expansión de la región ($\alpha+\gamma$) cuando se agrega manganeso al sistema Fe- C , según G. Thomas [1].

Tabla 2.1 Aceros de bajo carbono y baja aleación. [1] según G. Thomas [1].

	C	Si	Mn	Al	P	S	Nb
Acero doble fase	0.11	1.96	**0.41**	0.02	0.006	0.004	0.10
Acero comercial	0.4	0.19	**0.92**	-	0.025	0.052	-

La heterogeneidad de los aceros doble fase es causada no solamente por las diferentes fases sino también por las inclusiones, límites de grano y otras discontinuidades. Estas características resultan en varias ventajas sobre reforzamiento regular y de recubrimiento. La microestructura de aceros convencionales frecuentemente hacen esto imposible para obtener una buena ductilidad y resistencia simultáneamente, mientras que los productos de acero doble fase tienen la capacidad para obtener grandes resistencias y grandes elongaciones. La alta resistencia a la tensión requerirá menos rebosamiento para estructuras por lo tanto reduce los costos de construcción. Una mejor durabilidad en la construcción de puentes se ha obtenido mediante la aplicación de los aceros DFM. Los aceros DFM pueden ser efectivos en costos durante la construcción y se reduce el daño por corrosión.

Los aceros DFM son producidos por tratamiento térmico en la región de ferrita y austenita seguidos de un temple para transformar la austenita a martensita dislocada de alta resistencia y tenacidad. La resistencia del acero depende de la temperatura de tratamiento intercrítico, la corrosión parece ser menos dependiente de esta temperatura.

La temperatura de laminación y el área de reducción serán determinados de acuerdo a la aleación y diámetro del acero. Podría ser notado que a mayor temperatura resultará más martensita y mayor tamaño de granos.

Las reducciones de laminado más grandes conducen a tamaño de grano más fino y generalmente más dislocaciones. El incremento en las dislocaciones y el volumen de martensita y la disminución en el tamaño de grano conduce a resistencias más altas pero la cantidad excesiva de martensita puede reducir la ductilidad. Por lo tanto el control del proceso de laminación maximiza la resistencia mientras mantiene la suficiente ductilidad y las buenas características de durabilidad.

CAPÍTULO 3

TEORÍA DE LAS CONSTANTES DE ELASTICIDAD

3.1.- Introducción

La Ley de Hooke: establece la proporcionalidad entre el esfuerzo y deformación en un material, siendo a tensión o compresión el efecto sobre la fibra.

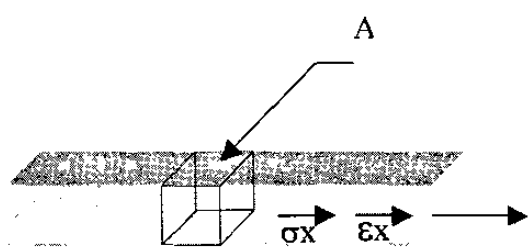


Figura 3.1- La barra delgada bajo tensión uniaxial.

$$\sigma_x = E\varepsilon_x \qquad (3.1)$$

σ_x = Esfuerzo axial de tensión.

E = Modulo de elasticidad.

ε_x = Deformación unitaria.

La ley de Hooke se cumple sólo hasta el límite proporcional del material. En la gráfica esfuerzo contra deformación sería hasta el punto P.

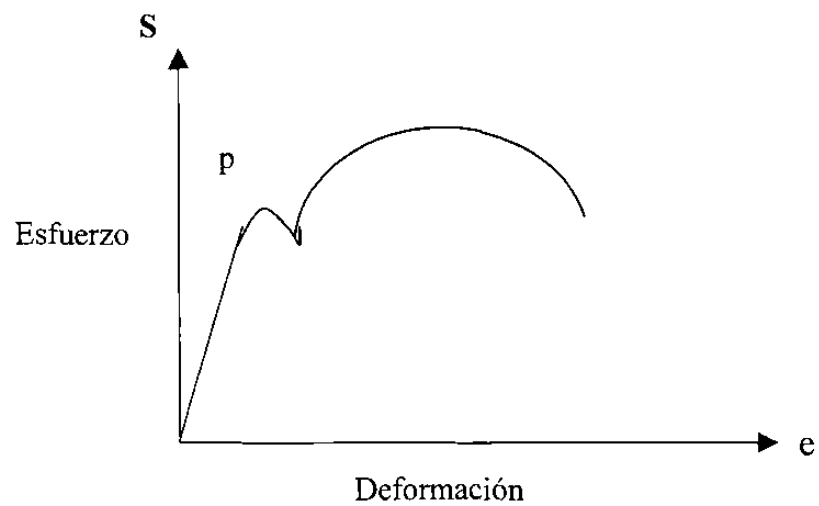


Figura 3.2.- Curva esfuerzo-deformación para un acero

Ley de Hooke generalizada:

Cuando el sistema de esfuerzos no es una simple tensión o compresión sino el definido por la seis componentes de esfuerzo y deformación: , σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{zx} , y ε_x , ε_y , ε_z , γ_{xy} , γ_{yz} , γ_{zx}.

Una generalización lógica es hecha de la ley de Hooke para cada uno de los componentes de esfuerzo en función de los componentes de deformación y las constantes de elasticidad llamadas C_{11}, C_{12},.... Las cuales son independientes de los esfuerzos y deformaciones. [Ref. 4]

$$\sigma_x = C_{11}\varepsilon_x + C_{12}\,\varepsilon_y + C_{13}\,\varepsilon_z + C_{14}\,\gamma_{xy} + C_{15}\,\gamma_{yz} + C_{16}\,\gamma_{zx}$$
$$\sigma_y = C_{21}\varepsilon_x + C_{22}\,\varepsilon_y + C_{23}\,\varepsilon_z + C_{24}\,\gamma_{xy} + C_{25}\,\gamma_{yz} + C_{26}\,\gamma_{zx} \qquad (3.2)$$
$$\tau_{zx} = C_{61}\varepsilon_x + C_{62}\,\varepsilon_y + C_{63}\,\varepsilon_z + C_{64}\,\gamma_{xy} + C_{65}\,\gamma_{yz} + C_{66}\,\gamma_{zx}$$

3.2 Consideraciones de isotropía y homogeneidad.

Un cuerpo es isotrópico si sus propiedades elásticas son las mismas en todas direcciones por lo que, para cuerpos isotrópicos, las componentes de esfuerzo y deformación referidas para un nuevo sistema coordenado $O_{x'\,y'\,z'}$ como se muestra en la figura 3.3, de cualquier orientación debe ser relacionado por las mismas constantes elásticas C_{11} y C_{12}, ... por lo que el sistema de esfuerzos quedaría representado por :

$$\sigma_{x'} = C_{11}\varepsilon_{x'} + C_{12}\,\varepsilon_{y'} + C_{13}\,\varepsilon_{z'} + C_{14}\,\gamma_{x'y'} + C_{15}\,\gamma_{y'z'} + C_{16}\,\gamma_{z'x'}$$
$$\sigma_{y'} = C_{21}\varepsilon_{x'} + C_{22}\,\varepsilon_{y'} + C_{23}\,\varepsilon_{z'} + C_{24}\,\gamma_{x'y'} + C_{25}\,\gamma_{y'z'} + C_{26}\,\gamma_{z'x'}$$
$$\vdots \qquad (3.3)$$
$$\tau_{z'x'} = C_{61}\varepsilon_{x'} + C_{62}\,\varepsilon_{y'} + C_{63}\,\varepsilon_{z'} + C_{64}\,\gamma_{x'y'} + C_{65}\,\gamma_{y'z'} + C_{66}\,\gamma_{z'x'}$$

Esto puede ser demostrado considerando la deformación por energía. Las 36 constantes no son independientes unas de otras, las relaciones que existen entre ellas son 2 y sólo 2 constantes elásticas independientes, más adelante estableceremos las relaciones entre las 36 constantes elásticas y reducir el número de constantes elásticas independientes de 36 a 2. [4]

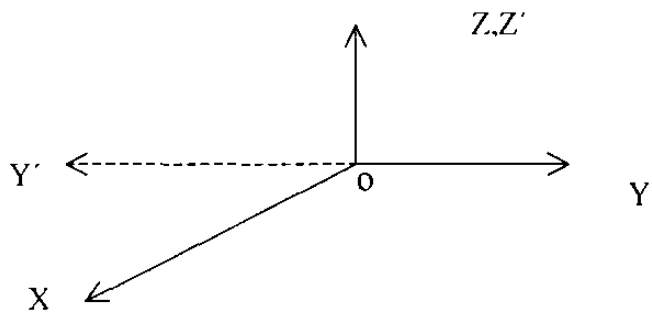


Figura 3.3.- Nuevo sistema de coordenadas $O_{x'\,y'\,z'}$ obtenido por rotación respecto al eje $O_{Z'}$.

Fijemos el nuevo sistema de coordenadas O x' y' z' obtenido por una rotación de 180^{o} de los ejes tradicionales, con respecto al eje OX, como se ve en la figura 3.4

$$\sigma_{x'} = \sigma_x \qquad \sigma_{y'} = \sigma_y \qquad \sigma_{z'} = \sigma_z$$
$$\tau_{z'x'} = \tau_{zx} \qquad \tau_{y'z'} = -\tau_{yz} \qquad \tau_{z'x'} = -\tau_{zx} \qquad (3.4)$$
$$\varepsilon_{x'} = \varepsilon x \qquad \varepsilon_{y'} = \varepsilon_y \qquad \varepsilon_{z'} = \varepsilon_z$$
$$\gamma_{x'y'} = \gamma_{xy} \qquad \gamma_{y'z'} = -\gamma_{yz} \qquad \gamma_{z'x'} = -\gamma_{zx}$$

De las ecuaciones (3.3) y (3.4) tenemos :

$$\sigma_x = C_{11}\varepsilon_x + C_{12}\,\varepsilon_y + C_{13}\,\varepsilon_z + C_{14}\,\gamma_{xy} - C_{15}\,\gamma_{yz} - C_{16}\,\gamma_{zx}$$
$$\sigma_y = C_{21}\varepsilon_x + C_{22}\,\varepsilon_y + C_{23}\,\varepsilon_z + C_{24}\,\gamma_{xy} - C_{25}\,\gamma_{yz} - C_{26}\,\gamma_{zx}$$
$$\cdot$$
$$\cdot \qquad (3.5)$$
$$\tau_{zx} = -C_{61}\varepsilon_x - C_{62}\,\varepsilon_y - C_{63}\,\varepsilon_z - C_{64}\,\gamma_{xy} + C_{65}\,\gamma_{yz} + C_{66}\,\gamma_{zx}$$

Comparada con las ecuaciones (3.2) y (3.5) tenemos :

$$C_{15} = -C_{15} \qquad C_{16} = -C_{16}$$

$$C_{15} = C_{16} = C_{25} = C_{26} = C_{35} = C_{36} = C_{45} = C_{46} = 0$$
$$C_{51} = C_{52} = C_{53} = C_{54} = C_{61} = C_{62} = C_{63} = C_{64} = 0$$

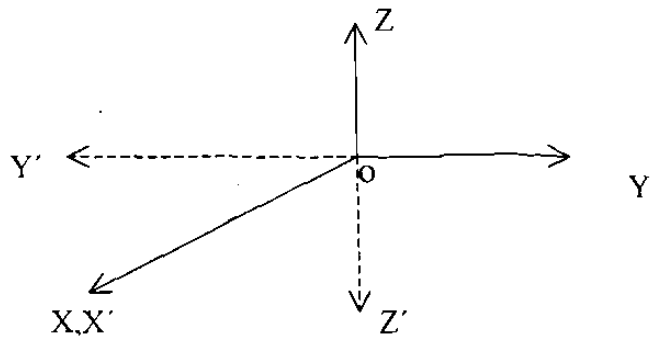


Figura 3.4.- Nuevo sistema de coordenadas $O_{X'\,Y'\,Z'}$ obtenidas por rotación con respecto a O_X.

La ley de Hooke generalizada :

$$\sigma_x = C_{11}\varepsilon_x + C_{12}\,\varepsilon_y + C_{13}\,\varepsilon_z + C_{14}\,\gamma_{xy}$$
$$\sigma_y = C_{21}\varepsilon_x + C_{22}\,\varepsilon_y + C_{23}\,\varepsilon_z + C_{24}\,\gamma_{xy}$$
$$\sigma_z = C_{31}\varepsilon_x + C_{32}\,\varepsilon_y + C_{33}\,\varepsilon_z + C_{34}\,\gamma_{xy} \qquad (3.6)$$
$$\tau_{xy} = C_{41}\varepsilon_x + C_{42}\,\varepsilon_y + C_{63}\,\varepsilon_z + C_{44}\,\gamma_{xy}$$
$$\tau_{yz} = C_{55}\gamma_{yz} + C_{56}\gamma_{xz}$$
$$\tau_{xz} = C_{65}\gamma_{yz} + C_{66}\gamma_{zx}$$

Ahora fijemos el nuevo sistema de coordenadas que corresponde a la rotación OX en un ángulo de 180° .
Usando el mismo procedimiento anterior , obtenemos
$C_{14} = C_{24} = C_{34} = C_{41} = C_{42} = C_{43} = C_{56} = C_{65} = 0$

Ahora fijemos el nuevo sistema de coordenadas correspondientes a la rotación OX en un ángulo de 90° como se ve en la figura 3.4 . Por el método anterior obtenemos.

$C_{12} = C_{13}$, $C_{21} = C_{31}$, $C_{23} = C_{32}$, $C_{22} = C_{33}$, $C_{44} = C_{66}$

Similarmente por una rotación de 90° obtenemos :

$C_{13} = C_{23}$, $C_{31} = C_{32}$. $C_{11} = C_{22}$, $C_{44} = C_{55}$

La ley de Hooke llegará ser :

$\sigma_x = C_{11}\varepsilon_x + C_{12}(\varepsilon_y + \varepsilon_z)$

$\sigma_y = C_{11}\varepsilon_y + C_{12}(\varepsilon_x + \varepsilon_z)$

$\sigma_z = C_{11}\varepsilon_z + C_{12}(\varepsilon_x + \varepsilon_y)$

$\tau_{xy} = C_{44}\gamma_{xy}$

$\tau_{yz} = C_{44}\gamma_{yz}$

$\tau_{zx} = C_{44}\gamma_{xz}$

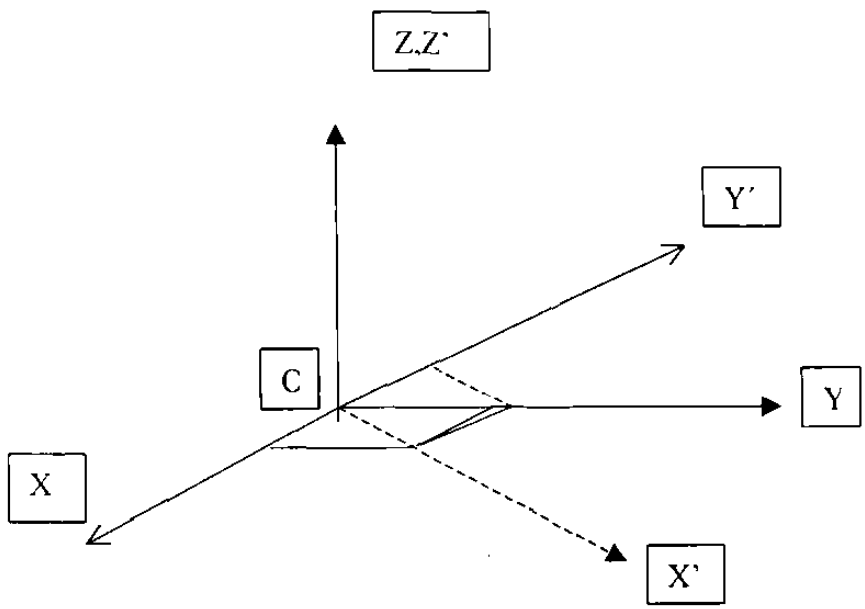


Figura 3.5 Nuevo sistema de coordenadas $O_{X'\,Y'\,Z'}$ obtenida al rotar 90° con respecto a OZ.

Finalmente , el nuevo sistema de coordenadas es correspondiente a la rotación de OZ en un ángulo de 45° como se ve en la figura 3.5. La transformación de esfuerzo - deformación resuelta:

$$\sigma_{x'} = \frac{1}{2}\sigma_x + \frac{1}{2}\sigma_y + \tau_{xy}$$

$$\sigma_{y'} = \frac{1}{2}\sigma_x + \frac{1}{2}\sigma_y - \tau_{xy}$$

$$\sigma_{z'} = \sigma_z$$

$$\tau_{x'y'} = -\frac{1}{2}\sigma_x + \frac{1}{2}\sigma_y$$

$$\tau_{y'z'} = \frac{\sqrt{2}}{2}\tau_{yz} - \frac{\sqrt{2}}{2}\tau_{zx} \qquad \frac{1}{2}\gamma_{y'z'} = \frac{\sqrt{2}}{4}\gamma_{yz} - \frac{\sqrt{2}}{4}\gamma_{zx} \qquad (3.8)$$

$$\varepsilon_{z'} = \varepsilon_z$$

$$\frac{1}{2}\gamma_{x'y'} = -\frac{1}{2}\varepsilon_x + \frac{1}{2}\varepsilon_y$$

De acuerdo a su isotropía y aplicando los nuevos sistemas de coordenadas nos da :

$$\sigma_{X'} = C_{11}\varepsilon_{X'} + C_{12}(\varepsilon_{Y'} + \varepsilon_{Z'})$$

$$\sigma_{Y'} = C_{11}\varepsilon_{Y'} + C_{12}(\varepsilon_{X'} + \varepsilon_{Z'})$$

$$\sigma_{Z'} = C_{11}\varepsilon_{Z'} + C_{12}(\varepsilon_{X'} + \varepsilon_{Y'}) \qquad (3.9)$$

$$\tau_{X'Y'} = C_{44}\gamma_{X'Y'}$$

$$\tau_{Y'Z'} = C_{44}\gamma_{Y'Z'}$$

$$\tau_{Z'X'} = C_{44}\gamma_{Z'X'}$$

Las ecuaciones 3.8 son sustituidas en las primeras ecuaciones (3.9) y obtenemos :

$$\frac{1}{2}(\sigma_X + \sigma_Y) + \tau_{ZY} = \sigma_{X'} = C_{11}(\frac{1}{2}\varepsilon_X + \frac{1}{2}\varepsilon_Y + \frac{1}{2}\gamma_{ZX}) + C_{12}(\frac{1}{2}\varepsilon_X + \frac{1}{2}\varepsilon_Y - \frac{1}{2}\gamma_{ZY} + \varepsilon_Z)$$

Las expresiones para σ_x y σ_y en las ecuaciones (3.7) son sustituidas en las ecuaciones anteriores para obtener:

$$\tau_{xy} = \frac{1}{2}(C_{11} - C_{12})\gamma_{zy}$$

Comparando lo anterior con la expresión para τ_{xy} en las ecuaciones (3.7) tenemos :

$$C_{44} = \frac{1}{2}(C_{11} - C_{12})$$

Si llamamos $C_{12} = \lambda$ $C_{44} = G$ tenemos la siguiente relación esfuerzo – deformación aplicada a materiales isotrópicos esforzados bajo el límite proporcional.

$$\sigma_x = (2G + \lambda)\varepsilon_x + \lambda(\varepsilon_y + \varepsilon_z)$$
$$\sigma_y = (2G + \lambda)\varepsilon_y + \lambda(\varepsilon_z + \varepsilon_x)$$
$$\sigma_z = (2G + \lambda)\varepsilon_z + \lambda(\varepsilon_z + \varepsilon_y) \qquad (3.10)$$
$$\tau_{xy} = G\gamma_{xy}$$
$$\tau_{yz} = G\gamma_{yz}$$
$$\tau_{zx} = G\gamma_{xz}$$

Las ecuaciones (3.10) pueden ser resueltas para la deformación como sigue :

$$\varepsilon_x = \frac{\lambda + G}{G(3\lambda + G)}\sigma_x - \frac{\lambda}{2G(3\lambda + G)}(\sigma_y + \sigma_z)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\lambda + G}{G(3\lambda + G)}\sigma_y - \frac{\lambda}{2G(3\lambda + G)}(\sigma_z + \sigma_x)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\lambda + G}{G(3\lambda + G)}\sigma_z - \frac{\lambda}{2G(3\lambda + G)}(\sigma_x + \sigma_y)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy} \qquad (3.11)$$

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}$$

Suponiendo que es isotrópico se reduce el número de constantes elásticas de 36 a 2. En materiales isotrópicos no homogéneos, las constantes λ y G son funciones de las coordenadas espaciales y no varían de punto a punto, dependen solamente del material en particular.

Si los ejes O_x ,O_y, y O_z son cambiados a lo largo de los ejes principales de esfuerzos por lo tanto.

$\tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$

de las ecuaciones (3.11) se tiene:

$\gamma_{xy} = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$

entonces los ejes O_x , O_y , y O_z . Son ejes principales de deformación.

Por lo tanto se deduce el siguiente teorema.

"**Para materiales elásticos isotrópicos, los ejes principales de esfuerzo y deformación coinciden.**" [4]

3.3 Constantes elásticas físicas.

Considerando los siguientes sistemas de esfuerzos especiales.

a) Cortante puro en dos dimensiones

$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$

τ_{xy} = Esfuerzo cortante aplicado

Por la ecuación (3.11)

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}$$

La constante **G** es la razón del esfuerzo cortante y la deformación por el corte determinado en un ensayo de torsión llamada **módulo de rígidez o de elasticidad a corte.**

b) Estado de esfuerzos uniaxiales

σ_x = esfuerzo uniaxial aplicado

$\sigma_y = \sigma_x = \tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$

Por la ecuación (3.11) tenemos

$$\varepsilon_x = \frac{\lambda + G}{G(3\lambda + G)}\sigma_x \qquad (3.12)$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_z = \frac{-\lambda}{2G(3\lambda + 2G)}\sigma_x$$

Comparando la expresión anterior con la ecuación (3.1) tenemos

$$\lambda = \frac{G(2G + E)}{E - 3G} \qquad (3.13)$$

λ = llamada **constante Lamé**

E = módulo de elasticidad axial

También:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_z = \frac{-\lambda}{2(\lambda + G)}\varepsilon_z = -\nu\varepsilon_x$$

$$v = \frac{\lambda}{2(\lambda + G)} \qquad (3.14)$$

La constante **v** es la razón negativa de la deformación lateral sobre la deformación longitudinal bajo un esfuerzo longitudinal uniaxial y es llamada **relación de poisson.**

c) compresión Hidrostática.

$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = -p \qquad p>0$

$\tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$

Por la ecuación (4.11)

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \frac{-1}{3\lambda + 2G} p$$

Usando la ecuación anterior llega a ser :

$$p = \frac{-(3\lambda + 2G)}{3} = -K\varepsilon \qquad (3.15)$$

$$K = \frac{3\lambda + 2G}{3}$$ **Módulo de elasticidad volumétrico o de Bulk**

Esta constante **K** es la razón de la presión hidrostática al cambio de volumen observado por unidad de volumen la cual es llamada módulo de elasticidad volumétrico.

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}\left[\sigma_x - v(\sigma_y + \sigma_z)\right]$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}\left[\sigma_y - v(\sigma_z + \sigma_x)\right]$$

Al considerar **E** y **V** como las dos constantes elásticas básicas, las ecuaciones 3.10, 3.11 se pueden representar como sigue:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}\left[\sigma_z - v(\sigma_x + \sigma_y)\right]$$

$$\gamma_{xy} = \frac{2(1+v)}{E}\tau_{xy}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{2(1+v)}{E}\tau_{yz}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{2(1+v)}{E}\tau_{zx}$$

$$\sigma_x = \frac{E}{(1+v)(1-2v)}\left[(1-v)\varepsilon_x + v(\varepsilon_y + \varepsilon_z)\right] \qquad (3.17)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1+v)(1-2v)}\left[(1-v)\varepsilon_y + v(\varepsilon_z + \varepsilon_y)\right]$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+v)(1-2v)}\left[(1-v)\varepsilon_z + v(\varepsilon_x + \varepsilon_y)\right]$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+v)}\gamma_{xy}$$

$$\tau_{xz} = \frac{E}{2(1+v)}\gamma_{zx} \quad \tau_{yz} = \frac{E}{2(1+v)}\gamma_{yz}$$

Las constantes **E, G** y **K** deben ser cantidades positivas. La razón de poisson debe ser **-1< ν < 1/2,** la Tabla 3.1 presenta los valores promedio de las constantes elásticas G, E, obtenidas experimentalmente de esfuerzos y deformaciones componentes en X, Y, Z, para algunos materiales.

Tabla 3.1 Valores de Módulo elástico axial (**E**), Módulo elástico (**G**) y Razón de Poisson (**ν**) promedios.

Material	E	G	ν
	GPa	Gpa	
Aluminio	68.9	26.2	0.33
Bakelita 61-893	4.27	---	0.36
Latón 70-30	109.6	41.3	0.33
Acero carbón	**203.4**	**79.3**	**0.29**
Fundición	113.7	46.2	0.25
Columbia resina CR-39	2.41	---	0.42
Concreto	20.6	---	0.36
Carbón	107.5	40	0.36
Vidrio	68.9		
Granito	50.3		
Marblete, recocido	3.44	---	0.40
Sin recocer	1.103	---	0.40
Acero maleable	162.7	64.1	0.27

La relación esfuerzo - deformación puede ser escrita en función de las constantes elásticas como sigue:

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \frac{1-2\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

y usando las ecuaciones :

$$\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \quad y \quad \varepsilon_m = 1/3\ (\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)$$

se obtiene:

$$\varepsilon_m = \frac{1}{3K}\sigma_m \qquad (a)$$

Ahora observemos de la relación esfuerzo - deformación tenemos

$$\sigma_x = 2G\varepsilon_z + \lambda\ (\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)$$

$$\sigma_y = 2G\varepsilon_y + \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)$$

$$\sigma_y = 2G\varepsilon_y + \lambda\ (\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)$$

$$\tau_{xy} = G\gamma_{xy}$$

$$\tau_{yz} = G\gamma_{yz}$$

$$\tau_{zx} = G\gamma_{zx}$$

Usando la ecuación (a) y la tabla 3.1 podemos convertir a la forma.

$$\sigma_x - \sigma_m = 2G(\varepsilon_x - \varepsilon_m)$$

$$\sigma_y - \sigma_m = 2G(\varepsilon_y - \varepsilon_m)$$

$$\sigma_x - \sigma_m = 2G(\varepsilon_z - \varepsilon_m)$$

$$\tau_{xy} = 2G\frac{\gamma_{xy}}{2} \qquad (b)$$

$$\tau_{yz} = 2G\frac{\gamma_{yz}}{2}\ \tau_{zx} = 2G\frac{\gamma_{zx}}{2}$$

CAPÍTULO 4

ENSAYOS ESTATICOS DE TENSION

4.1- Estandarización del ensayo para la obtención del módulo de elasticidad.

El módulo de Young o elasticidad es la razón del esfuerzo de tensión o compresión a la correspondiente deformación dentro del limite de proporcionalidad lineal del material,tal como se muestra en la figura 4.1.

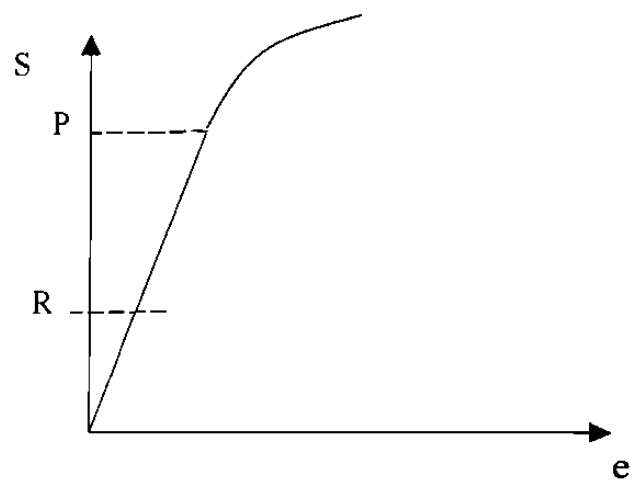


Figura 4.1. Puntos limites para la obtención del Módulo de Elasticidad según estándar ASTM E 111-82

El estándar empleado para la obtención del módulo elástico es el de ASTM E-111-82 [ref.6]. Este estándar recomienda que el módulo de elasticidad sea obtenido entre el punto R después de la precarga en el espécimen y antes del límite proporcional, punto P. El valor de módulo de Young es una propiedad del material usada en el diseño de elementos de máquinas sometidos a un sistema de cargas, para cálculos de deformación de materiales estructurales que siguen la ley de Hooke cuando está sujeto a una carga axial. Para materiales que permiten valores de esfuerzo-deformación no lineales el valor de tangente y módulo de la secante o cuerda son usados en estimar el cambio en deformación en el intervalo especificado en esfuerzo. Como se muestra en la figura 4.2 (a) y (b).[ref.6].

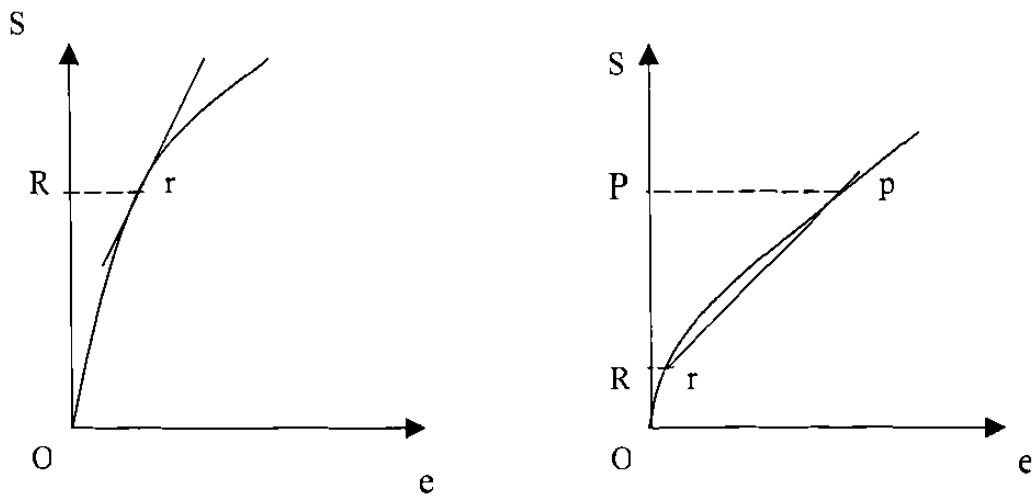


Figura 4.2.- Diagramas esfuerzo- deformación mostrando líneas (a) módulo tangente (b) módulo cuerda.[ref.6].

Las variables que pueda afectar la determinación precisa del módulo de Young o de elasticidad son características como: orientación relativa de los granos, esfuerzos residuales, previa historia de deformación, dimensiones, excentricidad, condición de temperatura, condición del equipo de prueba, razón del error en la carga en valores de carga y deformación, interpretación de los datos.

4.2.- Recomendaciones del estándar ASTM E 111-82

4.2.1 Selección y preparación del espécimen:

Debe considerarse especímenes rectos y de sección uniforme no deberá presentar esfuerzos residuales.

En dimensiones: la longitud del espécimen debe ser mayor que el mismo requerido para propósitos generados, como se recomienda en estándar ASTM E-8.

Recomendaciones para especímenes a tensión. La línea de centros entre el espécimen roscado y las mordazas o aditamento deben ser concéntricos con la línea de centros de la sección de calibración, el efecto de la excentricidad influye en el cargado del espécimen debido a los momentos flectores que generan esfuerzos sobre el mismo los cuales se deben agregar. Por ejemplo: para un estándar de 12.5mm de diámetro del espécimen el esfuerzo se incrementa 1.5% por cada 0.025mm de excentricidad. Se recomienda que la longitud de la sección reducida sea mayor a la longitud de calibración. según estándar ASTM E-8 [ref.6].

Procedimiento según estándar ASTM E8 Y E 111-82:

1. Medición del espécimen: hacer mediciones de la sección transversal en tres puntos al centro y extremos de la longitud de calibración.
2. Considérese una precarga para eliminar los posibles errores de alineación de aditamentos.
3. Alineación: asegurar un cargado axial al tener alineados el espécimen y aditamientos.
4. Velocidad de prueba: será lo suficientemente baja tal que puede leerse los valores de deformación con el medidor de deformaciones.
5. NOTA: se recomienda que mínimo se hagan tres corridas o pruebas para cada espécimen y tomar la precaución de no exceder el límite proporcional.

4.3.- Cálculo del módulo de elasticidad.

Si se obtiene la gráfica carga contra deformación el valor del módulo de Elasticidad puede ser obtenido a través de la pendiente obtenida en la gráfica, siendo calculado como el incremento de carga entre el incremento de deformación correspondiente entre dos puntos sobre la línea o pendiente de la gráfica y emplear la siguiente ecuación:

$$E = \left(\frac{\Delta p}{Ao}\right)\left(\frac{\Delta L}{\Delta Lo}\right)$$

Donde:

Δp = incremento de carga

Ao = área de sección transversal

ΔL = deformación

Lo = longitud inicial

La precisión del valor obtenido para el módulo de Young o elasticidad dependerá sobre la misma en cada uno de los valores usados en el cálculo. Se sugiere que el reporte incluya un estimado de la precisión de los valores reportados del módulo de Young basados sobre la suma de las precisiones de los valores respectivos.

Si los datos de carga contra deformación son obtenidos en forma numérica, los errores que pueden ser introducidos al graficar los datos y ajustar una línea recta a los puntos experimentales pueden ser reducidos al determinar el módulo de Young, como la pendiente de la línea recta ajustada a los datos apropiados por el método de **los mínimos cuadrados**. Este método permite también el estudio estadístico de los datos y por lo tanto una evaluación de la variabilidad del módulo dentro del valor del esfuerzo

empleado. La ecuación para el módulo de Young ajustado por el método de los mínimos cuadrados es:

Módulo de Elasticidad :

$$E=\left(\sum(XY)-KXY\right)X\div\left(\sum X^2-KX^2\right)$$

Donde:

Y= Esfuerzo axial aplicado

X= Deformación correspondiente

En término de la carga medida Pi, y el área de la sección transversal original medida A_0, y de la longitud de calibración L_0.

$$X=\frac{\Delta c}{L_0}$$

$$X=\frac{\Delta p}{\Delta_0}$$

$$\bar{Y}=\frac{\Sigma Y}{K}$$ = Promedio de valores Y

$$\bar{X}=\frac{\Sigma X}{K}$$ = Promedio de valores X

K= Número de datos pares X,Y, y sumatoria igual (Σ=) desde l a k.

4.4.- Características mecánicas obtenidas

En los ensayos estáticos de tensión realizados se obtuvo las lecturas de deformación unitarias longitudinal y transversal a la longitud de calibración, a través de las mediciones realizadas para cada incremento de carga.

Las características mecánicas obtenidas fueron las constantes de elasticidad

- Módulo de elasticidad para carga axial
- Módulo de elasticidad a corte
- Razón de Poisson
- Constante Volumétrica o de Bulk
- Constante de Lame´

Los resultados obtenidos de ellas se presentan en el capítulo seis.

CAPITULO 5

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

5.1.- Obtención del material y maquinado

El material se obtuvo de muestras experimentales para investigación de los aceros duales: ferrita – martensita, a los cuales se les obtuvo las características de resistencia mecánica , ductilidad. Siendo tres piezas por grupo básico, por tratamiento térmico y para acero 1045.

Son seis grupos básicos y seis tratados térmicamente con variaciones en composición química considerando como base de variación al manganeso y temperaturas de tratamiento térmico intercrítico.

El maquinado se efectuó bajo recomendaciones de la ASTM E-8 en cuanto al dimensionado de especímenes de diámetro y longitud de calibración de 0.5 y 2.000 pulgadas respectivamente, longitud recta de 2.5 pulgadas. Los extremos se roscaron en rosca estándar de 3/4 de diámetro y 10 hilos por pulgada, con radio de 3/8 mínimo.

5.2.- Tratamiento térmico intercrítico.

El tratamiento térmico intercrítico se realizó en un horno mufla bajo el siguiente procedimiento:

- Se limpian con alcohol cada pieza
- Se colocan los termopares en la parrilla distribuidos de tal forma que se logre captar la temperatura promedio del medio.
- Se programa la computadora para registrar la temperatura – tiempo, la cual debe mantenerse constante durante el tiempo requerido para cada grupo de piezas.
- Una vez que se encuentra la temperatura del horno controlada para el tratamiento, se coloca la lanza que inyecta el argón para tener un medio proctector de las piezas.
- Se coloca la parrilla con las piezas registrándose el tiempo de inicio y manteniendo por un tiempo de 45 a 50 minutos.
- Las temperaturas deberán estar en el intervalo establecidos por las líneas Ac_1 y Ac_3 en la zona bifásica ferrita – austenita en el diagrama de fase.

Para el tratamiento térmico intercrítico se seleccionaron las siguientes temperaturas:

Tabla 5.1 Temperaturas para el tratamiento térmico inercrítico

Grado de Acero	Color Identificación	Porciento de Manganeso	Nivel de Temperatura °C
1	Amarillo	0.438	826
2	Azul	0.192	800
3	Blanco	0.922	800
4	Rojo	1.8	813
5	Negro	0.677	753
6	Gris	1.19	800

Una vez que se termina el tiempo del tratamiento térmico se sacan las piezas del horno para su enfriamiento rápido en agua a temperatura ambiente.

5.3.- Instrumentación de los medidores eléctricos en las probetas.

Una vez que las probetas han sido tratadas térmicamente se procede al pegado del medidor eléctrico de deformación en cada una de ellas.

5.3.1 Selección del medidor eléctrico

El medidor se seleccionó para acero al manganeso del catálogo de la empresa Micro-Measurements inc. con las siguientes características:

Serie : EA-06-060LZ-120

Resistencia eléctrica :120 2.065 +/- 0.5%

Sensibilidad transversal : 1.2 +/- 0.2

Sensibilidad transversal : 1.2 +/- 0.2

Rango de temperatura en operación ; -75 a 175 °C

Limite de deformación : 3% de la longitud de calibración que es de 0.120 pulgadas.

5.3.2 .- Técnica de pegado del medidor eléctrico

Esta técnica nos permite conocer el valor real del esfuerzo en un elemento sometido a carga. Además, con los aparatos adecuados, podemos conocer otros parámetros como carga, presión, temperatura, deformación, etc.

A continuación se describe el procedimiento para el pegado del medidor eléctrico en cada probeta.

a) Se limpia la superficie con una lija suave.

b) Se trazan los ejes longitudinal y transversal de referencia.

c) Se limpia la superficie con acetona utilizando gasa o algodón.

d) Se limpia la superficie con amoniaco diluido al 40%.

e) Se limpia la superficie con ácido fosfórico diluido al 15%.

f) Se pega el medidor eléctrico utilizando el cemento epóxico.

En el proceso de pegado lo que se hace es sacar el medidor eléctrico de su envoltura, después es colocado sobre la probeta para ubicarlo en su posición correcta, dejándolo bien centrado sobre los ejes.

Luego, teniendo cuidado de no moverlo, es adherido al elemento con una cinta adhesiva para evitar que se mueva de su lugar, posteriormente ya teniendo bien ubicado el medidor eléctrico se desprende una de las orillas de la cinta (pero antes se marcan los

bordes sobre el elemento para que al volver a pegar quede en su misma posición) y sin desprender la otra orilla para evitar que se desfase o que se mueva de su lugar.
Luego es levantado para colocar un poco de pegamento epóxico en la zona donde irá pegado y este se vuelve a adherir sobre el elemento en su posición original, después con el dedo índice vamos oprimiendo de un lado a otro del medidor hasta lograr que este haya sido puesto en contacto en la superficie impregnada de pegamento. Se espera de 10 a 15 minutos y se retira con mucho cuidado el pedazo de cinta.

g) Se procede a pegar a una distancia adecuada unas bases de cobre.

h) Se procede a soldar sobre las bases las terminales del medidor

Estas bases son para proteger los extremos del medidor, después sobre las mismas bases se procede a soldar con mucho cuidado dos alambres de calibre 26 ó 28.

i) Se recubre la zona donde se pegó el medidor con algún recubrimiento adecuado, en este caso fue cera microcristalina.

j) Por último se enrolla una o dos vueltas el cable en la probeta para evitar que al estirarlo por accidente se desprenda de su base y también con cinta adhesiva se cubre toda la zona y por seguridad es adherido con la misma cinta el cable enrollado al elemento para que quede bien reforzado.

5.4 .- Desarrollo de los ensayos de tensión.

Para la realización de los ensayos estáticos de tensión se empleó una máquina universal Tinius Olsen M290 SL, un indicador de deformación Measurements Group Inc. MP5000, y un calibrador lineal digital.

El ensayo consistió en colocar la probeta en los aditamentos de tensión, conectar las terminales de alambre del medidor eléctrico de deformación longitudinal formando un circuito medio puente. Se ajusta el indicador de deformación a un valor de cero, luego se aplicar una carga de ajuste o precarga de 250 kg., y se inicia el ensayo con la aplicación de carga en incrementos de 100kg, registrándose el valor correspondiente de deformación unitaria, hasta una carga máxima de trabajo de 2000 kg. lo mismo se hace para el otro medidor eléctrico transversal, pegado en la misma probeta, el ensayo se repite otra vez para tener dos registros de lecturas por probeta. Este procedimiento de prueba se efectuó para cada una de tres probetas por grupo de acero.

CAPITULO 6

RESULTADOS

6.1.- Introducción

En los ensayos de tensión y de dureza Rockwell realizados en las probetas básicas, tratadas térmicamente y las de acero 1045 se obtuvieron los siguientes resultados.

6.2.- Porcentajes e identificación del acero al manganeso

Para determinar el porcentaje de composición química de cada elemento se aplicó el método de vía Leco obteniendose las cantidades indicadas en la tabla 6.1.

6.3.- Bitácoras y gráficos de los ensayos estáticos de tensión.

Las gráficas que se obtuvieron fueron la real y la ajustada estadísticamente de acuerdo a las recomendaciones del estándar de la ASTM E111-82, siendo tres gráficos para las lecturas de deformación longitudinal (vertical) y tres gráficos para la lectura de deformación transversal (horizontal). Estas gráficas representan el comportamiento elástico hasta un valor de carga de trabajo menor al de cedencia por lo que resultaron gráficos lineales.

El ajuste estadístico se realizó debido a que los puntos de esfuerzo-deformación calculados y graficados no definieron una trayectoria lineal exacta.

Las gráficas y bitácoras se muestra en el apéndice A para cada grado de acero experimentado.

En las bitácoras obtenidas para cada ensayo se tiene calculado el módulo de elasticidad a través del método estadístico recomendado por la ASTM E111-82. Todas las lecturas de deformación longitudinal (vertical) contra esfuerzo quedaron registradas en las bitácoras de los ensayos.

6.4.- Resultados de las constantes de elasticidad

En las siguientes tablas 6.2a y 6.2b se dan los resultados de las constantes de elasticidad calculados por medio de sus ecuaciones:

- Módulo de Elasticidad a carga axial
- Módulo de Elasticidad a corte o de Rigidez
- Razón de Poisson
- Constante Volumétrica o Bulk
- Constante de Lame´

En los valores de módulo de elasticidad de cada grupo de acero se promedió seis valores de módulo elástico obtenidos por los métodos estadísticos de regresión lineal y de los cuadrados mínimos, presentando en la tabla sólo el valor promediado, según recomendaciones de la ASTM E111-82.

La constante de razón de poisson se obtuvo aplicando la ecuación del cálculo de la misma, para las veinte lecturas de deformación transversal y longitudinal obteniendo el valor promedio de ellas, para cada una de las piezas de cada grado de acero; tratadas térmicamente , básicas y para el acero 1045. Con estas constantes se calcularon las restantes a través de sus ecuaciones las cuales se indican en las mismas tablas 6.2a y 6.2b de resultados obtenidos de estas constantes.

6.5.- Diseño experimental.

Se consideraron seis grupos básicos y seis grupos con tratamientos térmicamente, de aceros con variación en composición química tomando como base al manganeso, además de considerar el grupo 1045 que representa al acero comercial.

Se decidió ensayar tres probetas para cada grupo, con repetición, teniendo así 42 corridas para el grupo básico y 42 para el grupo tratado térmicamente.

Tanto la secuencia de las pruebas como el material experimental se tomaron en forma aleatoria, para evitar que los resultados sean contaminados por los efectos de factores desconocidos, que pueden salir de control durante el experimento.

6.6.- Análisis estadístico de los datos

Se analizaron estadísticamente los datos haciendo uso de pruebas como el análisis de Varianza, para la comparación de los valores de las medias obtenidos de las constantes de elasticidad en los diferentes grupos de acero que se utilizaron en el experimento. De la tabla 6.3, a la 6.6 se muestran los resultados obtenidos para cada prueba estadística y grupo de acero.

En las gráficas de barras 6.1 a la 6.6 muestran las constantes ; módulo elástico y razón de poisson para los grupos de aceros analizados en función del porciento de manganeso y temperatura del tratamiento térmico.

Las pruebas que se realizaron bajo el procedimiento analítico y cumpliendo todos los requisitos que exigen dichas pruebas.

6.7.- Resultados de los ensayos de dureza Rockwell

En los ensayos de dureza se obtuvieron los resultados efectuando primero una prueba de sondeo a través de la escala Rockwell **A**, que indica un indentador de punta de diamante con carga de 60 kilogramos. Posteriormente se consultó el resultado en la tabla de equivalencias de dureza y estableció la escala Rockwell **B** como la correspondiente a la confirmación del grado de dureza obtenido en la prueba de sondeo rockwell A procediendo a realizarla, los resultados se muestran en la tabla 6.7.

TABLA 6.1. Porcentajes de manganeso y temperatura de tratamiento térmico intercrítico

Grado del acero	Porcentaje Manganeso	Temperatura (°C)
G7 Amarillo	0.438	826
G8 Azul	0.192	800
G9 Blanco	0.922	800
G10 Rojo	1.8	813
G11 Negro	0.677	753
G12 Verde	1.19	800

TABLA 6.2 a Constantes de Elasticidad obtenidas para Aceros al Manganeso Básicos

CONSTANTE	V	E	G	K	λ	%
GRADO		GPa	GPa			MANGANESO
G7 Amarillo	0.2604	208	83	145	90	0.438
G8 Azul	0.292	207	80	166	112	0.192
G9 Blanco	0.3003	201	77	168	116	0.922
G10 Rojo	0.2799	218	85	165	108	1.8
G11Negro	0.288	208	81	164	110	0.677
G12 Verde	0.2862	213	83	166	111	1.19

V Razon de poisson
E Módulo Elástico Axial
G Módulo Elástico a Corte
K Módulo de Bulk
λ Constante de Lame'

1020133333

TABLA 6.2 b Constantes de Elasticidad obtenidas para Aceros al Manganeso Tratados Termicamente

CONSTANTE	V	E	G	K	l	TEMPERATURA	%
GRADO		GPa	GPa			°C	MANGANESO
G1 rojo	0.266	213	84	152	96	826	0.438
G2 amarillo	0.2609	216	86	151	93	800	0.192
G3 verde	0.2979	210	81	173	119	800	0.922
G4 azul	0.2907	216	84	172	116	813	1.8
G5 blanco	0.2871	207	80	162	108	753	0.677
G6 gris	0.2652	217	86	154	97	800	1.19

V Razon de poisson
E Módulo Elástico Axial
G Módulo Elástico a Corte
K Módulo de Bulk
λ Constante de Lame'

TABLA 6.3 Comparativa Final 'Valores de F estadística de Módulo Elástico
Aceros al Manganeso Básicos

de datos = 3
F crítica = 7.7

Acero	G7	G8	G9	G10	G11	G12	1045
G7	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Diferente
G8	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
G9	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual
G10	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual	Diferente
G11	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual
G12	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual
1045	Diferente	Igual	Igual	Diferente	Igual	Igual	0.0

Rojo significa los universos son distintos.

Acero	G7	G8	G9	G10	G11	G12	1045
G7	0.0	0.011	3.432	0.385	0.514	0.397	15.862
G8	0.0107	0.0	1.388	0.282	0.219	0.386	4.339
G9	3.432	1.388	0.0	3.7725	0.428	1.985	0.875
G10	0.3850	0.2820	3.7725	0.0	1.093	0.089	10.110
G11	0.514	0.219	0.428	1.093	0.0	0.889	2.227
G12	0.397	0.386	1.985	0.089	0.889	0.0	3.655
1045	15.862	4.339	0.875	10.110	2.227	3.655	0.0

TABLA 6.3.1 MODULO ELASTICO
Acero al Manganeso Básico

	Sin Tratamiento Térmico				
Muestra	G7	G8	G9	G10	G11
1	211.000	198.800	204.280	218.000	213.800
2	209.900	214.700	204.700	217.000	202.600
3	204.500	210.300	194.000	219.000	208.000
				.	
Total	625.400	623.800	602.980	654.000	624.400
Media	208.467	207.933	200.993	218.000	208.133
Dev Std	3.479	8.210	6.060	1.000	5.601

TABLA 6.3.2 MODULO ELASTICO
ACERO al Manganeso Básico

	Sin Tratamiento Térmico				
Muestra	G7	G12	1045		
1	211.000	221.000	193.300		
2	209.900	206.000	199.600		
3	204.500	212.000	198.800		
Total	625.400	639.000	591.700	0.000	0.000
Media	208.467	213.000	197.233		
Dev Std	3.479	7.550	3.430		

TABLA 6.4 Comparativa Final 'Valores de *F* estadística de *Modulo Elastico*
Aceros al Manganeso Tratados Termicamente

de datos = 3

F crítica = 7.7

Acero	G7	G8	G9	G10	G11	G12	1045
G7	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
G8	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
G9	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual
G10	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual
G11	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual
G12	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0	Diferente
1045	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Diferente	0.0

Rojo significa los universos son distintos.

Acero	G7	G8	G9	G10	G11	G12	1045
G7	**0.0**	**0.082**	**0.044**	**0.034**	**0.264**	**0.077**	**2.909**
G8	**0.0819**	**0.0**	**0.420**	**0.006**	**1.262**	**0.827**	**4.339**
G9	**0.044**	**0.420**	**0.0**	**0.1929**	**0.183**	**0.003**	**5.509**
G10	**0.0341**	**0.0058**	**0.1929**	**0.0**	**0.595**	**0.003**	**4.076**
G11	**0.264**	**1.262**	**0.183**	**0.595**	**0.0**	**0.428**	**6.127**
G12	**0.077**	**0.827**	**0.003**	**0.304**	**0.428**	**0.0**	**42.196**
1045	**2.909**	**4.339**	**5.509**	**4.076**	**6.127**	**42.196**	**0.0**

TABLA 6.4.1 MODULO ELASTICO					
ACERO al Manganeso					
	Con Tratamiento Térmico				
Muestra	G7	G8	G9	G10	G11
1	229.650	228.170	205.150	198.250	200.500
2	210.770	207.650	221.670	227.100	213.370
3	198.600	212.600	205.600	220.630	210.000
Total	639.020	648.420	632.420	645.980	623.870
Media	213.007	216.140	210.807	215.327	207.957
Dev Std	15.645	10.708	9.411	15.139	6.674

TABLA 6.5 Cmparativa Final 'Valores de *F* estadística de *Razón de Poisson* de Aceros al ManganesoTratados Termicamente

de datos = 3

F crítica = 7.7

Acero	G7	G8	G9	G10	G11	G12	1045
G7	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
G8	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
G9	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual
G10	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual
G11	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual
G12	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual
1045	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0

Rojo significa los universos son distintos.

Acero	G7	G8	G9	G10	G11	G12	1045
G7	0.0	0.279	2.186	3.738	3.620	0.005	0.202
G8	0.279	0.0	3.147	6.724	7.495	0.263	1.634
G9	2.186	3.147	0.0	0.100	0.249	2.403	1.827
G10	3.738	6.724	0.100	0.0	0.080	4.571	3.474
G11	3.620	7.495	0.249	0.0801	0.0	4.706	3.521
G12	0.005	0.263	2.403	4.571	4.706	0.0	0.378
1045	0.202	1.634	1.827	3.474	3.521	0.378	0.0

TABLA 6.5.1 Rzón de Poisson
Aceros al Manganeso

	Tratamiento Térmico				
Muestra	**G7**	**G8**	**G9**	**G10**	**G11**
1	0.268	0.254	0.272	0.278	0.302
2	0.279	0.258	0.338	0.311	0.283
3	0.252	0.272	0.284	0.283	0.276
Total	0.798	0.783	0.894	0.872	0.861
Media	0.266	0.261	0.298	0.291	0.287
Desviación Std	0.014	0.009	0.035	0.018	0.014

TABLA 6.5.2. Relación de Poisson
Aceros al Manganeso

	Con Tratamiento Térmico		
Muestra	**G7**	**G12**	**1045**
1	0.268	0.263	0.264
2	0.279	0.277	0.267
3	0.252	0.255	0.279
Total	0.798	0.796	0.810
Media	0.266	0.265	0.270
Desviación Std	0.014	0.011	0.008

TABLA 6.6 a Comparativa Final 'Valores de *F* estadística de *Razón de Poisson* de Aceros Básicos

de datos = 3

F crítica = 7.7

Acero	G7	G12	1045
G7	0.0	Igual	Igual
G12	Igual	0.0	Igual
1045	Igual	Igual	0.0

Rojo significa los universos son distintos.

Acero	G7	G12	1045
G7	**0.0**	**4.1**	**1.7**
G12	**4.1**	**0.0**	**1.7**
1045	**1.7**	**1.7**	**0.0**

TABLA 6.6 b Comparativa Final 'Valores de *F* estadística de *Razón de Poisson* de Aceros Básicos

de datos = 3

F crítica = 7.7

Acero	G8	G9	G10	G11	1045
G8	0.0	Igual	Igual	Igual	Igual
G9	Igual	0.0	Igual	Igual	Igual
G10	Igual	Igual	0.0	Igual	Igual
G11	Igual	Igual	Igual	0.0	Igual
1045	Igual	Igual	Igual	Igual	0.0

Rojo significa los universos son distintos.

Acero	G8	G9	G10	G11	1045
G8	0.0	0.091	0.300	0.044	1.866
G9	0.091	0.0	0.547	0.236	1.738
G10	0.300	0.547	0.0	0.170	0.363
G11	0.044	0.236	0.170	0.0	2.109
1045	1.866	1.738	0.363	2.109	0.0

TABLA 6.6.1 Razón de Poisson
Aceros al Mnaganeso

	Sin Tratamiento Térmico				
Muestra	**G8**	**G9**	**G10**	**G11**	**1045**
1	0.298	0.260	0.308	0.309	0.264
2	0.315	0.303	0.254	0.270	0.267
3	0.263	0.338	0.278	0.285	0.279
Total	0.876	0.901	0.840	0.864	0.810
Media	0.292	0.300	0.280	0.288	0.270
Desviación Std	0.027	0.039	0.027	0.020	0.008

n = 3 k = 5

TABLA 6.6.2 Razón de Poisson
Aceros al Manganeso

	Sin Tratamiento Térmico		
Muestra	**G7**	**G12**	**1045**
1	0.251	0.297	0.264
2	0.260	0.264	0.267
3	0.271	0.299	0.279
Total	0.781	0.859	0.810
Media	0.260	0.286	0.270
Desviación Std	0.010	0.020	0.008

TABLA 6.7 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DUREZA ROCKWELL

MATERIAL : ACEROS AL MANGANESO
MAQ. DE DUREZA : MODELO C504R

CONDICION: TRATAMIENTO INTERCRITICO

GRADO DEL ACERO	DUREZA HR B	DUREZA HR C	DUREZA HR G
G7	92.6		
G8		27.7	
G9	90		
G10			82.5
G11	87.4		
G12			84

DUERZA MINIMA : SEGÚN TABLA A.S.T.M. E-18
CONDICION: TRATAMIENTO INTERCRITICO

GRADO DEL ACERO	DUREZA HR B	DUREZA HR C	DUREZA HR G
G7	88.8		
G8		25	
G9	88		
G10			79
G11	88		
G12			79

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DUREZA ROCKWELL

MATERIAL : ACEROS AL MANGANESO
MAQ. DE DUREZA : MODELO C504R
CONDICION : BASICO

GRADO DEL ACERO	DUREZA HR B
G7	65.2
G8	80.8
G9	75.8
G10	76
G11	68
G12	79

DUERZA MINIMA : SEGÚN TABLA A.S.T.M. E-18
CONDICION : BASICO

GRADO DEL ACERO	DUREZA HR B
G7	54
G8	76
G9	72
G10	68
G11	61
G12	76

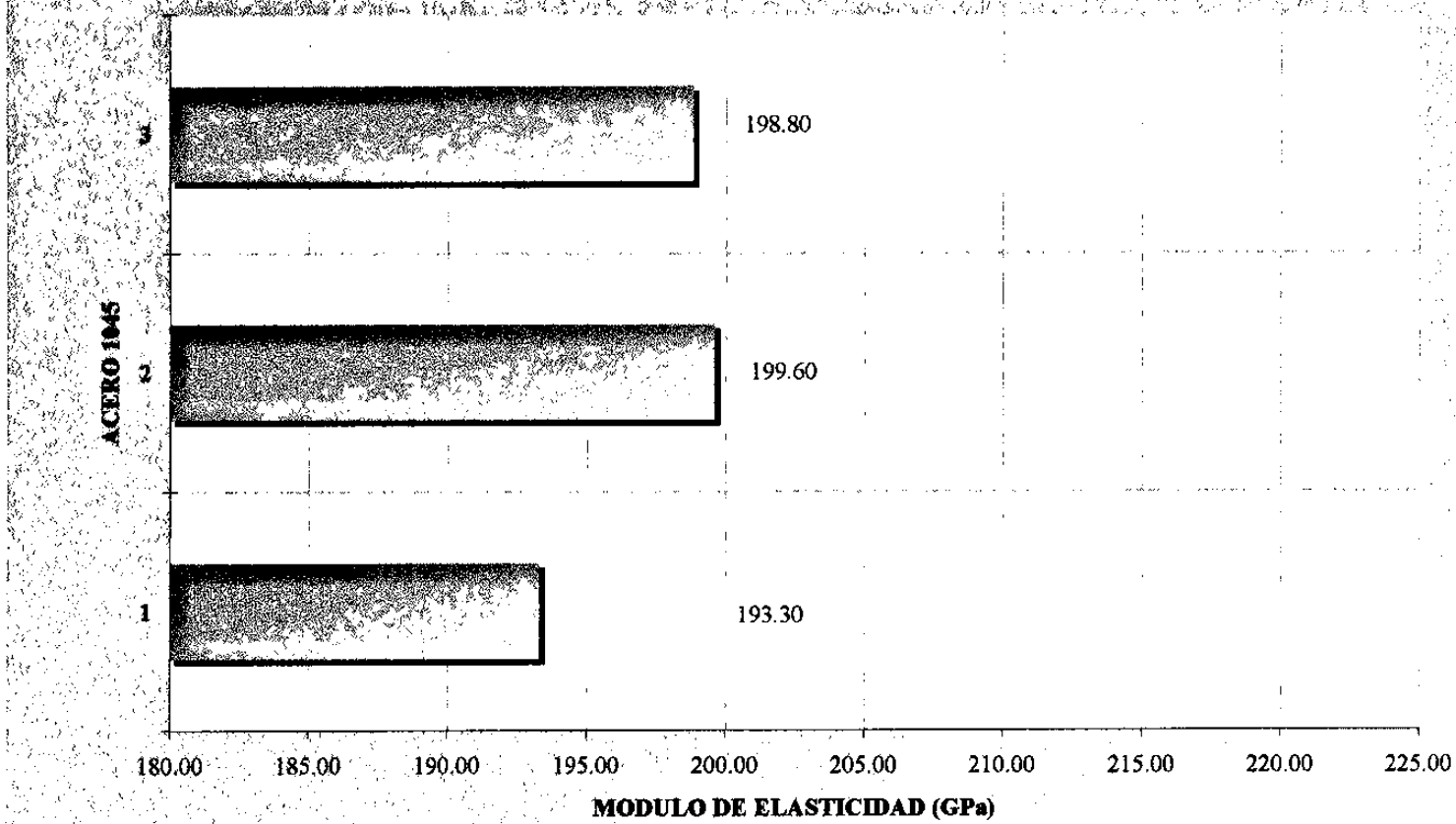
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DUREZA ROCKWELL

MATERIAL : ACERO 1045

CONDICION: SIN TRATAMIENTO TERRMICO

PRUEBA DE SONDEO:	40HR A
DUREZA EN LA MAQUINA	75 HR B
DUREZA EN POR TABLA A.S.T.M. E-18	61HR B

GRAFICA 6.1
MODULO DE ELASTICIDAD PARA ACEROS 1045



GRAFICA 6.2. MODULO ELASTICO - % DE MANGANESO

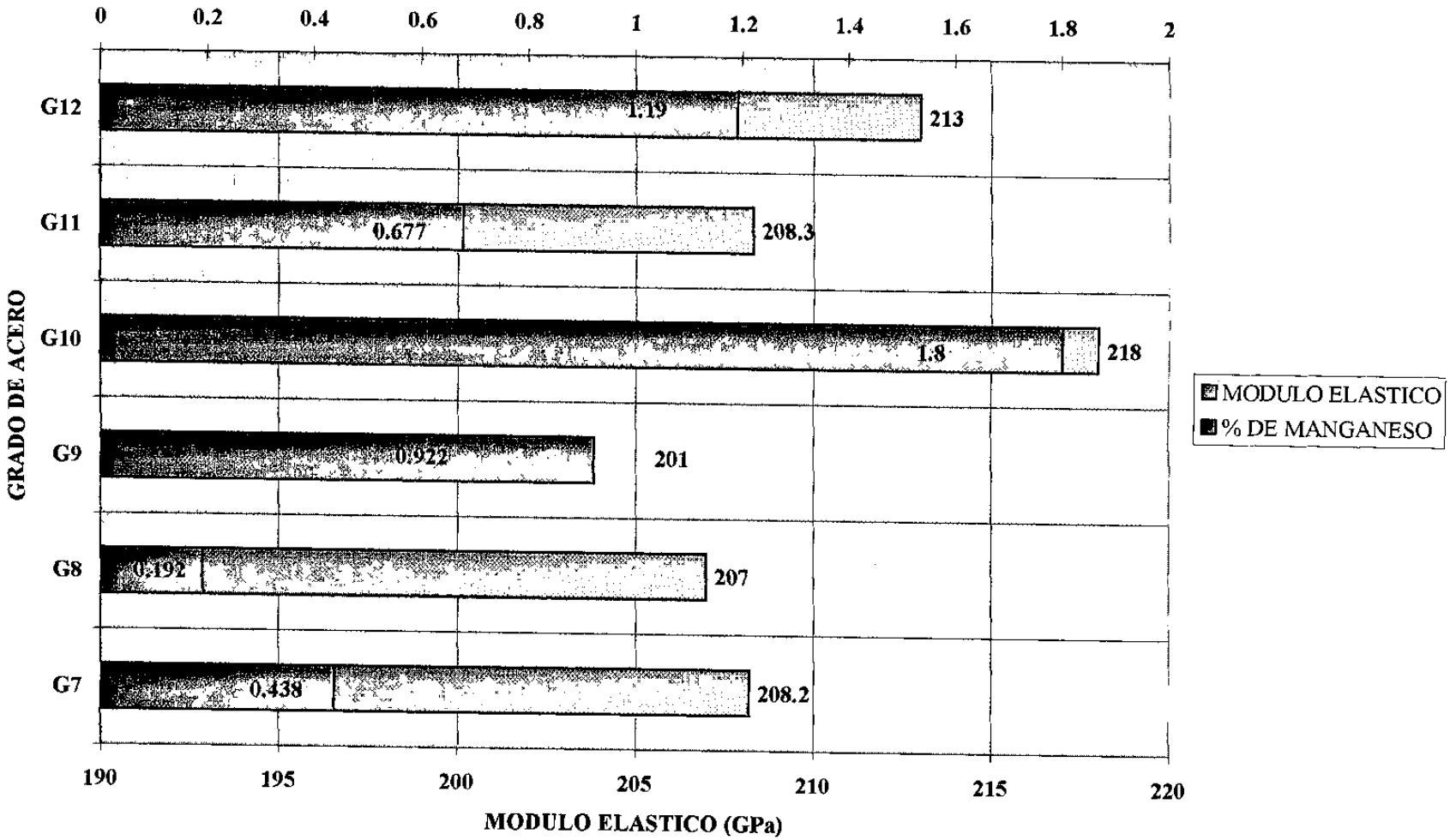
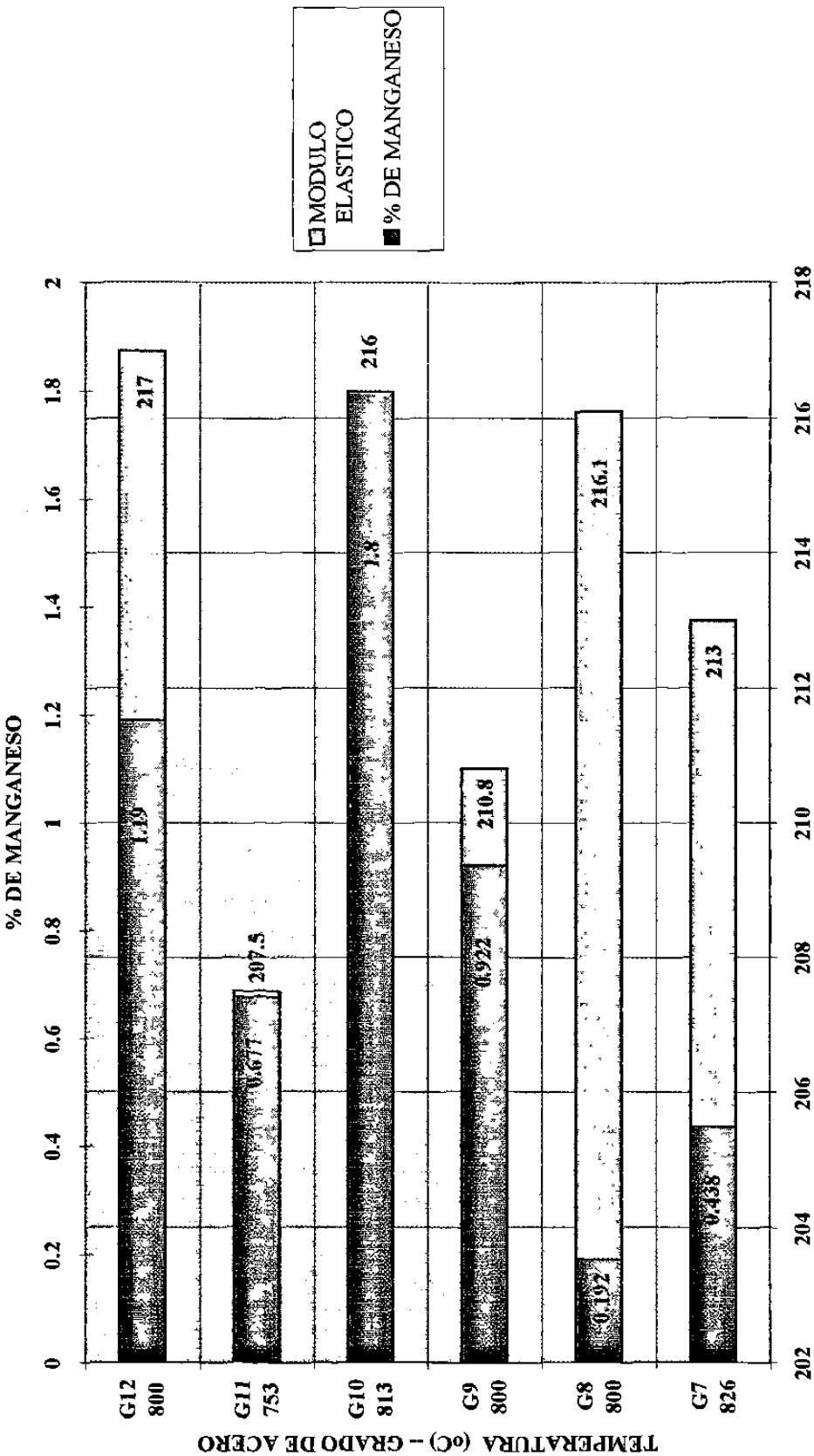


FIGURA 6.3 MODULO DE ELASTICIDAD -% DE MANGANESO - TEMPERATURA PARA ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE



GRAFICA 6.4 RAZON DE POISSON PARA ACERO 1045

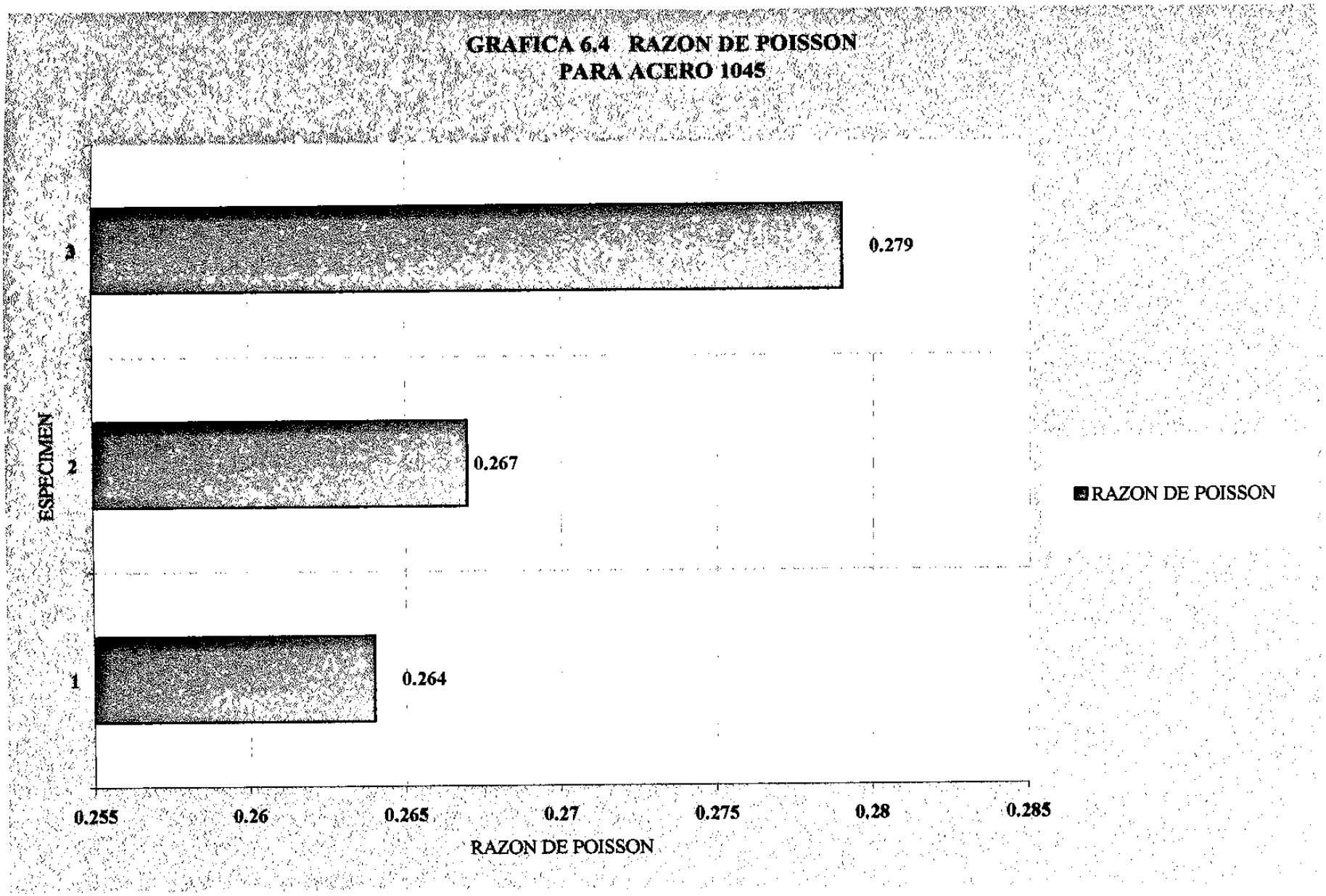
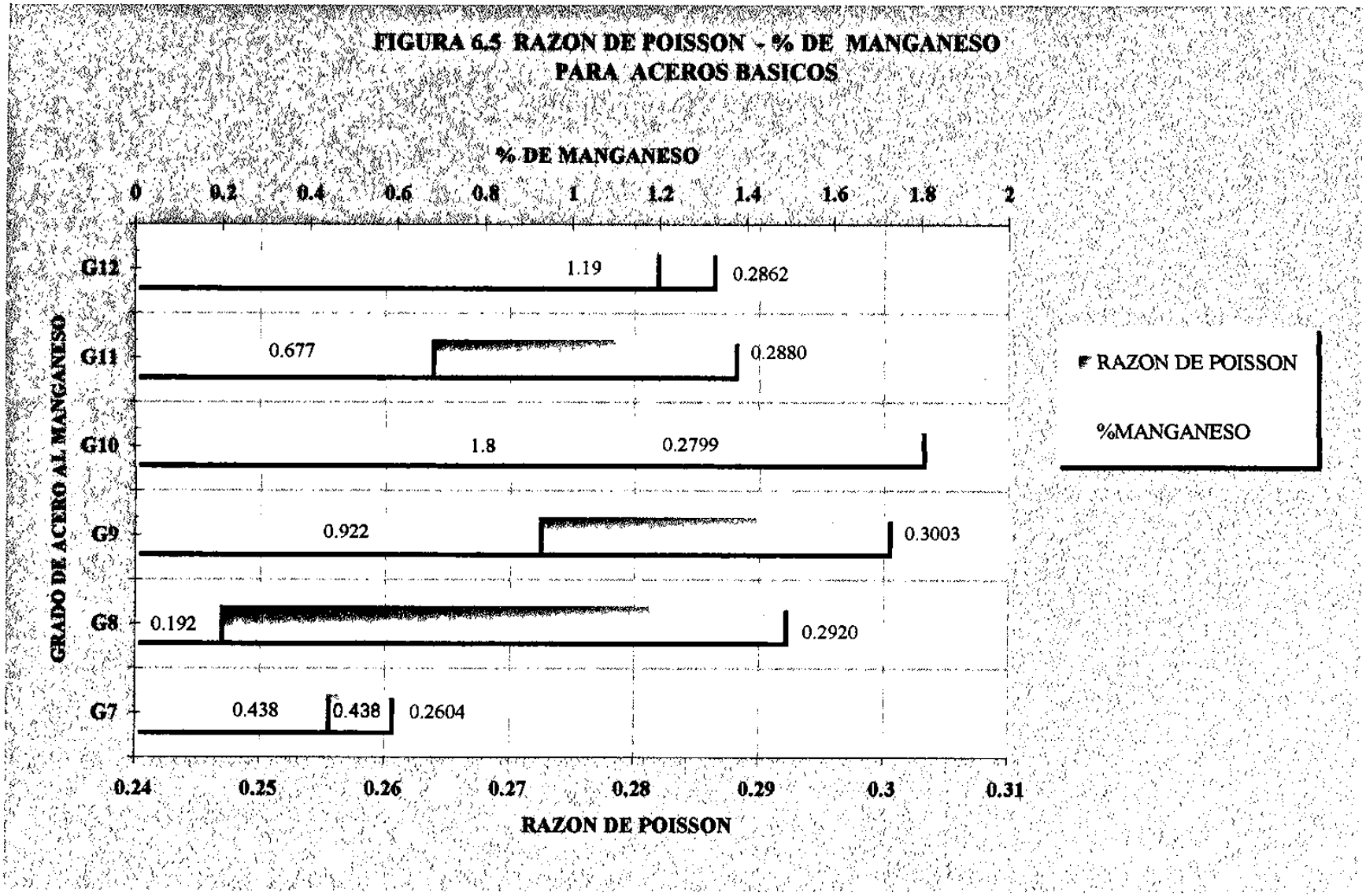
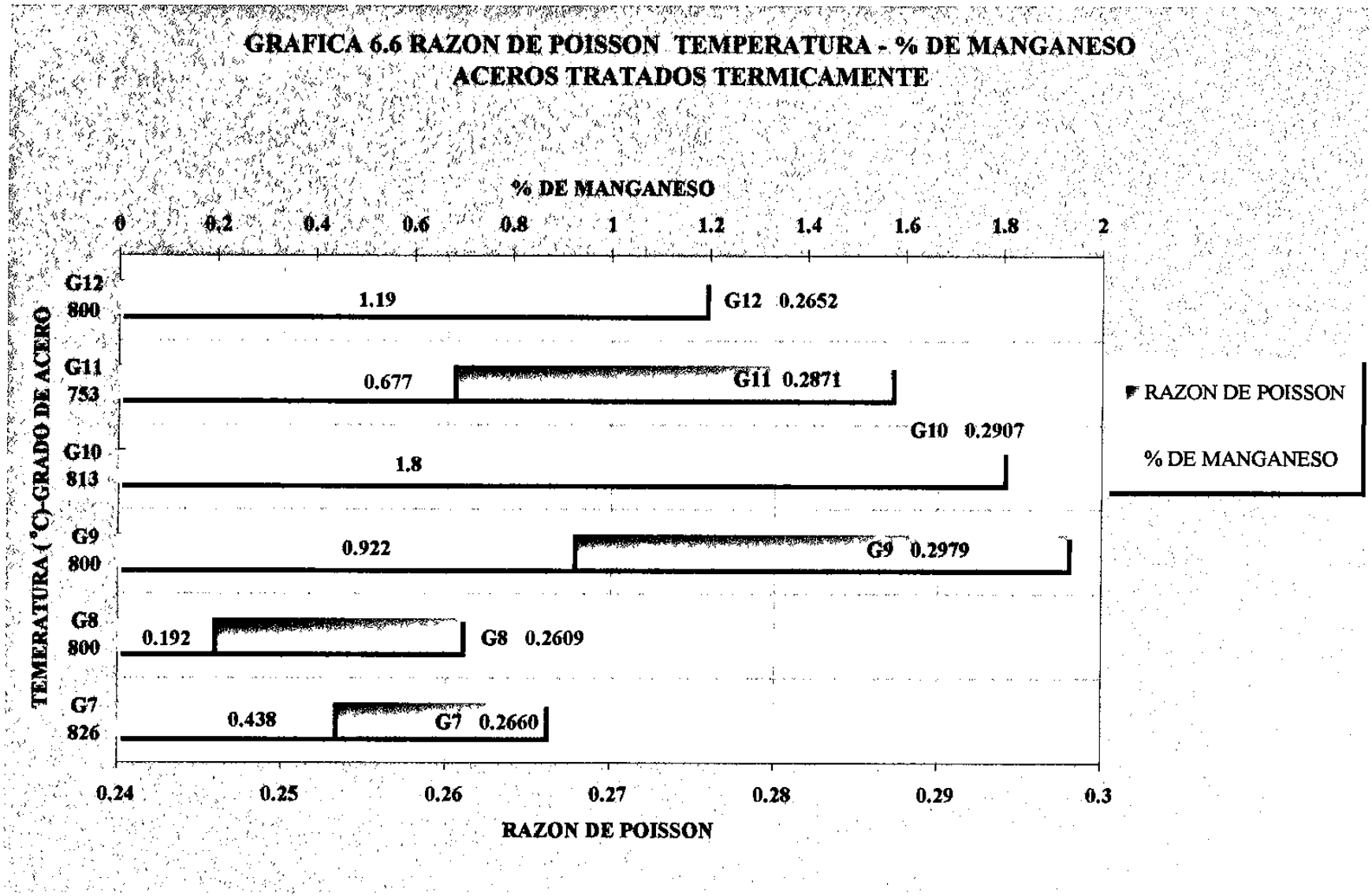


FIGURA 6.5 RAZON DE POISSON - % DE MANGANESO PARA ACEROS BASICOS




GRAFICA 6.6 RAZON DE POISSON TEMPERATURA - % DE MANGANESO
ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE
% DE MANGANESO
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
TEMERATURA (°C)-GRADO DE ACERO
G12
800
1.19
G12 0.2652
G11
753
0.677
G11 0.2871
G10 0.2907
G10
813
1.8
G9
800
0.922
G9 0.2979
G8
800
0.192
G8 0.2609
G7
826
0.438
G7 0.2660
0.24
0.25
0.26
0.27
0.28
0.29
0.3
RAZON DE POISSON
RAZON DE POISSON
% DE MANGANESO

6.8 APENDICE A

BITÁCORAS Y GRÁFICOS DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE LOS ENSAYOS DE TENSIÓN PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RAZÓN DE POISSON

MATERIAL:	**ACERO AL MANGANESO**							
IDENTIFICACION :		**G7Am- Basico**						
	PZA1-1			**PZA3-1**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	40	0.1500	10	42	0.2381	7	28	0.2500
14	82	0.1707	20	85	0.2353	17	63	0.2698
27	112	0.2411	30	129	0.2326	28	100	0.2800
39	155	0.2516	40	170	0.2353	37	137	0.2701
50	196	0.2551	50	208	0.2404	47	176	0.2670
61	234	0.2607	60	246	0.2439	57	211	0.2701
71	280	0.2536	70	282	0.2482	67	248	0.2702
84	316	0.2658	80	320	0.2500	77	285	0.2702
94	357	0.2633	91	354	0.2571	88	323	0.2724
104	398	0.2613	101	374	0.2701	98	358	0.2737
114	439	0.2597	110	421	0.2613	107	395	0.2709
127	480	0.2646	120	454	0.2643	117	432	0.2708
137	520	0.2635	130	489	0.2658	127	467	0.2719
148	560	0.2643	140	521	0.2687	137	505	0.2713
158	598	0.2642	150	555	0.2703	147	542	0.2712
168	638	0.2633	160	588	0.2721	157	580	0.2707
177	680	0.2603	180	621	0.2899	168	616	0.2727
189	714	0.2647	190	654	0.2905	178	655	0.2718
200	750	0.2667	200	687	0.2911	188	690	0.2725
210	780	0.2692	201	723	0.2780	199	725	0.2745
	Promedio	**0.2507**			**0.2601**			**0.2706**
	Desv. Std	**0.0317**			**0.0191**			**0.0055**

MATERIAL:	**ACERO AL MANGANESO**							
IDENTIFICACION :		**G8AZ- Basico**						
	PZA1-1			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Long	Def. Transv	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	32	0.2813	30	10	0.3333	3	13	0.2308
17	57	0.2982	60	18	0.3000	9	39	0.2308
27	84	0.3214	89	28	0.3146	16	71	0.2254
37	115	0.3217	121	38	0.3140	28	110	0.2545
48	148	0.3243	158	50	0.3165	39	147	0.2653
58	197	0.2944	192	62	0.3229	49	184	0.2663
68	219	0.3105	229	73	0.3188	60	221	0.2715
77	250	0.3080	262	84	0.3206	70	257	0.2724
87	283	0.3074	299	96	0.3211	80	294	0.2721
97	317	0.3060	337	106	0.3145	90	330	0.2727
106	350	0.3029	372	121	0.3253	100	366	0.2732
115	387	0.2972	411	133	0.3236	110	408	0.2696
124	423	0.2931	447	142	0.3177	120	445	0.2697
134	459	0.2919	485	152	0.3134	130	481	0.2703
143	495	0.2889	521	164	0.3148	138	519	0.2659
153	534	0.2865	559	174	0.3113	148	553	0.2676
162	567	0.2857	619	185	0.2989	158	589	0.2683
172	603	0.2852	638	196	0.3072	168	625	0.2688
180	643	0.2799	667	207	0.3103	178	661	0.2693
189	679	0.2784	708	217	0.3065	188	697	0.2697
	Promedio	**0.2982**			**0.3153**			**0.2627**
	Desv. Std	**0.0142**			**0.0084**			**0.0151**
			Promedio final	**0.2920**				

MATERIAL:	**ACERO AL MANGANESO**							
IDENTIFICACION :		**G9BL- Basico**						
	PZA1-1			**PZA2-1**			**PZA3-1**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Long	Def. Transv	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	55	0.3091	33	10	0.3030	24	47	0.5106
29	101	0.2871	64	18	0.2813	40	97	0.4124
38	139	0.2734	94	28	0.2979	51	142	0.3592
47	177	0.2655	127	38	0.2992	62	169	0.3669
57	214	0.2664	159	50	0.3145	72	203	0.3547
69	254	0.2717	192	62	0.3229	82	236	0.3475
77	295	0.2610	232	73	0.3147	93	268	0.3470
87	339	0.2566	269	84	0.3123	103	304	0.3388
97	379	0.2559	307	96	0.3127	112	342	0.3275
107	424	0.2524	347	106	0.3055	124	380	0.3263
117	467	0.2505	390	121	0.3103	135	419	0.3222
127	508	0.2500	428	133	0.3107	144	453	0.3179
137	551	0.2486	469	142	0.3028	154	491	0.3136
147	593	0.2479	507	152	0.2998	164	526	0.3118
157	634	0.2476	547	164	0.2998	172	568	0.3028
168	676	0.2485	586	174	0.2969	182	605	0.3008
178	716	0.2486	626	185	0.2955	194	647	0.2998
189	757	0.2497	667	196	0.2939	206	684	0.3012
198	794	0.2494	710	207	0.2915	215	723	0.2974
210	803	0.2615	748	217	0.2901	228	757	0.3012
	Promedio	**0.2601**			**0.3028**			**0.3380**
	Desv. Std	**0.0158**			**0.0102**			**0.0501**
			Promedio final	**0.3003**				

MATERIAL:	**ACERO AL MANGANESO**							
IDENTIFICACION :		**G10R- Basico**						
	PZA1-1			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Long	Def. Transv	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	#¡DIV/0!	0	0	#¡DIV/0!	0	0	#¡DIV/0!
15	55	0.2727	44	9	0.2045	10	45	0.2222
30	97	0.3093	98	20	0.2041	18	75	0.2400
40	121	0.3306	145	31	0.2138	31	107	0.2897
51	158	0.3228	186	42	0.2258	38	141	0.2695
61	195	0.3128	224	53	0.2366	46	174	0.2644
71	225	0.3156	262	64	0.2443	55	207	0.2657
82	264	0.3106	296	74	0.2500	64	239	0.2678
93	296	0.3142	337	87	0.2582	73	270	0.2704
104	330	0.3152	372	98	0.2634	83	303	0.2739
112	366	0.3060	411	107	0.2603	93	339	0.2743
124	400	0.3100	448	118	0.2634	110	374	0.2941
135	434	0.3111	481	128	0.2661	120	429	0.2797
144	458	0.3144	517	138	0.2669	130	444	0.2928
156	500	0.3120	555	150	0.2703	141	480	0.2938
166	540	0.3074	591	161	0.2724	151	511	0.2955
172	575	0.2991	628	171	0.2723	163	547	0.2980
186	617	0.3015	664	183	0.2756	173	583	0.2967
196	654	0.2997	700	192	0.2743	184	619	0.2973
206	689	0.2990	737	202	0.2741	195	657	0.2968
217	720	0.3014	776	213	0.2745			
	Promedio	**0.3083**			**0.2535**			**0.2780**
	Desv. Std	**0.0116**			**0.0240**			**0.0208**
			Promedio final:	**0.2799**				

MATERIAL:	**ACERO AL MANGANESO**							
IDENTIFICACION :		**G11N- Basico**						
	PZA1-2			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Long	Def. Transv	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	40	0.3000	38	11	0.2895	11	41	0.2683
24	75	0.3200	70	19	0.2714	21	75	0.2800
35	108	0.3241	103	27	0.2621	31	110	0.2818
47	145	0.3241	136	36	0.2647	41	143	0.2867
59	188	0.3138	171	47	0.2749	51	180	0.2833
71	222	0.3198	204	57	0.2794	62	215	0.2884
84	263	0.3194	237	66	0.2785	72	247	0.2915
96	303	0.3168	271	75	0.2768	81	281	0.2883
107	345	0.3101	306	85	0.2778	92	317	0.2902
119	396	0.3005	344	96	0.2791	101	351	0.2877
131	428	0.3061	382	105	0.2749	111	386	0.2876
144	469	0.3070	422	114	0.2701	120	421	0.2850
156	506	0.3083	461	124	0.2690	131	455	0.2879
168	550	0.3055	500	134	0.2680	141	487	0.2895
178	590	0.3017	541	144	0.2662	151	521	0.2898
191	634	0.3013	585	154	0.2632	161	557	0.2890
205	677	0.3028	626	164	0.2620	171	619	0.2763
216	717	0.3013	667	171	0.2564	180	654	0.2752
229	758	0.3021	717	183	0.2552	191	660	0.2894
240	800	0.3000	760	192	0.2526	200	693	0.2886
	Promedio	**0.3092**			**0.2696**			**0.2852**
	Desv. Std	**0.0086**			**0.0095**			**0.0061**
			Promedio final:	**0.2880**				

MATERIAL:	**ACERO AL MANGANESO**							
IDENTIFICACION :		**G12V- Basico**						
		PZA1-2	**PZA2-1**			**PZA3-1**		
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Long	Def. Transv	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	#¡DIV/0!	0	0	#¡DIV/0!	0	0	#¡DIV/0!
13	34	0.3824	44	11	0.2500	15	39	0.3846
24	70	0.3429	86	22	0.2558	26	78	0.3333
32	104	0.3077	125	31	0.2480	38	113	0.3363
41	134	0.3060	164	42	0.2561	48	149	0.3221
50	166	0.3012	202	51	0.2525	59	186	0.3172
59	199	0.2965	236	62	0.2627	70	221	0.3167
66	230	0.2870	265	70	0.2642	80	259	0.3089
75	260	0.2885	301	85	0.2824	90	298	0.3020
84	289	0.2907	330	94	0.2848	100	338	0.2959
93	319	0.2915	361	97	0.2687	110	377	0.2918
101	349	0.2894	392	105	0.2679	121	418	0.2895
109	380	0.2868	426	114	0.2676	131	458	0.2860
117	412	0.2840	465	122	0.2624	141	500	0.2820
127	445	0.2854	500	133	0.2660	150	541	0.2773
137	479	0.2860	534	141	0.2640	161	584	0.2757
144	510	0.2824	569	151	0.2654	170	628	0.2707
154	546	0.2821	605	160	0.2645	181	667	0.2714
162	576	0.2813	641	168	0.2621	191	704	0.2713
171	610	0.2803	675	177	0.2622	201	743	0.2705
181	649	0.2789	713	187	0.2623	211	778	0.2712
	Promedio	**0.2965**			**0.2635**			**0.2987**
	Desv. Std	**0.0248**			**0.0090**			**0.0297**
			Promedio final:	**0.2862**				

APENDICE A RAZON DE POISSON EN ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE

MATERIAL: ACERO AL MANGANESO

IDENTIFICACION : **G7Am- Tratado Termicamente**

	PZA1-2			**PZA2-1**			**PZA3-1**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	47	0.2766	16	46	0.3478	12	48	0.2500
25	84	0.2976	24	80	0.3000	21	84	0.2500
34	119	0.2857	34	120	0.2833	31	135	0.2296
41	152	0.2697	42	155	0.2710	41	174	0.2356
50	189	0.2646	54	195	0.2769	50	215	0.2326
60	224	0.2679	64	230	0.2783	61	254	0.2402
70	256	0.2734	73	266	0.2744	71	287	0.2474
76	289	0.2630	83	301	0.2757	83	326	0.2546
85	323	0.2632	93	338	0.2751	93	369	0.2520
94	355	0.2648	102	372	0.2742	102	405	0.2519
101	388	0.2603	111	412	0.2694	111	444	0.2500
110	420	0.2619	122	447	0.2729	122	480	0.2542
119	454	0.2621	132	481	0.2744	132	524	0.2519
127	487	0.2608	141	520	0.2712	142	558	0.2545
137	520	0.2635	151	554	0.2726	152	589	0.2581
145	554	0.2617	161	591	0.2724	163	625	0.2608
155	587	0.2641	170	628	0.2707	173	659	0.2625
163	620	0.2629	181	661	0.2738	183	690	0.2652
172	653	0.2634	191	705	0.2709	194	725	0.2676
180	685	0.2628	200	742	0.2695	201	760	0.2645
	Promedio	**0.2675**			**0.2787**			**0.2517**
	Desv. Std	**0.0094**			**0.0176**			**0.0106**
			Promedio final:	**0.2660**				

APENDICE A RAZON DE POISSON EN ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE

MATERIAL: ACERO AL MANGANESO

IDENTIFICACION : **G8Az- Tratado Termicamente**

	PZA1-2			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	44	0.2273	11	57	0.1930	11	46	0.2391
19	81	0.2346	22	88	0.2500	22	80	0.2750
29	117	0.2479	31	122	0.2541	31	114	0.2719
38	152	0.2500	40	162	0.2469	41	151	0.2715
48	191	0.2513	50	202	0.2475	51	188	0.2713
58	223	0.2601	62	239	0.2594	61	222	0.2748
66	263	0.2510	70	277	0.2527	70	259	0.2703
77	309	0.2492	82	312	0.2628	78	290	0.2690
88	359	0.2451	91	352	0.2585	90	328	0.2744
97	372	0.2608	103	392	0.2628	98	357	0.2745
106	409	0.2592	111	429	0.2587	107	399	0.2682
115	446	0.2578	122	469	0.2601	116	423	0.2742
125	490	0.2551	132	499	0.2645	126	457	0.2757
136	523	0.2600	143	540	0.2648	137	488	0.2807
146	556	0.2626	153	577	0.2652	144	523	0.2753
155	593	0.2614	165	612	0.2696	153	555	0.2757
165	636	0.2594	175	648	0.2701	161	590	0.2729
173	669	0.2586	187	686	0.2726	170	622	0.2733
184	707	0.2603	196	728	0.2692	178	658	0.2705
193	741	0.2605	208	767	0.2712	188	691	0.2721
	Promedio	**0.2536**			**0.2577**			**0.2715**
	Desv. Std	**0.0094**			**0.0171**			**0.0081**
			Promedio final	**0.2609**				

APENDICE A RAZON DE POISSON EN ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE

MATERIAL: ACERO AL MANGANESO

IDENTIFICACION : **G9BL- Tratado Termicamente**

	PZA1-2			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	47	0.2128	15	47	0.3191	11	42	0.2619
23	87	0.2644	29	83	0.3494	21	77	0.2727
33	127	0.2598	41	121	0.3388	31	114	0.2719
44	164	0.2683	54	152	0.3553	42	148	0.2838
55	201	0.2736	66	189	0.3492	51	185	0.2757
66	237	0.2785	78	225	0.3467	63	236	0.2669
76	277	0.2744	90	261	0.3448	72	254	0.2835
87	313	0.2780	102	296	0.3446	84	291	0.2887
97	350	0.2771	111	329	0.3374	94	324	0.2901
107	388	0.2758	123	364	0.3379	105	360	0.2917
117	428	0.2734	134	399	0.3358	114	397	0.2872
129	462	0.2792	147	437	0.3364	126	429	0.2937
139	503	0.2763	158	472	0.3347	138	466	0.2961
150	537	0.2793	169	509	0.3320	147	519	0.2832
160	578	0.2768	180	542	0.3321	157	542	0.2897
170	614	0.2769	191	579	0.3299	169	573	0.2949
181	655	0.2763	205	614	0.3339	178	607	0.2932
192	686	0.2799	215	647	0.3323	189	642	0.2944
204	723	0.2822	226	683	0.3309	201	678	0.2965
214	761	0.2812	237	720	0.3292	188	717	0.2622
	Promedio	**0.2722**			**0.3375**			**0.2839**
	Desv. Std	**0.0150**			**0.0086**			**0.0114**
			Promedio final:	**0.2979**				

APENDICE A RAZON DE POISSON EN ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE

MATERIAL: ACERO AL MANGANESO

IDENTIFICACION : **G10R- Tratado Termicamente**

	PZA1-2			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	51	0.2941	10	34	0.2941	17	60	0.2833
25	86	0.2907	19	64	0.2969	31	104	0.2981
34	117	0.2906	30	93	0.3226	42	144	0.2917
43	150	0.2867	40	124	0.3226	55	185	0.2973
52	184	0.2826	51	159	0.3208	67	229	0.2926
62	216	0.2870	61	192	0.3177	76	267	0.2846
70	250	0.2800	71	223	0.3184	88	307	0.2866
78	281	0.2776	82	258	0.3178	98	348	0.2816
87	315	0.2762	91	289	0.3149	109	385	0.2831
96	348	0.2759	100	320	0.3125	118	422	0.2796
104	380	0.2737	110	354	0.3107	129	460	0.2804
111	412	0.2694	120	391	0.3069	140	497	0.2817
121	442	0.2738	131	423	0.3097	150	536	0.2799
130	475	0.2737	141	454	0.3106	160	574	0.2787
138	506	0.2727	151	488	0.3094	170	612	0.2778
149	540	0.2759	161	524	0.3073	180	650	0.2769
155	576	0.2691	171	558	0.3065	191	686	0.2784
164	607	0.2702	182	593	0.3069	200	725	0.2759
174	641	0.2715	191	627	0.3046	211	760	0.2776
184	674	0.2730	203	665	0.3053	222	797	0.2785
	Promedio	**0.2782**			**0.3108**			**0.2832**
	Desv. Std	**0.0077**			**0.0078**			**0.0067**
			Promedio final:	**0.2907**				

APENDICE A	RAZON DE POISSON EN ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE							
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO							
IDENTIFICACION :	**G11N- Tratado Termicamente**							
	PZA1-1			**PZA2-2**			**PZA3-2**	
Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	54	0.2407	14	49	0.2857	15	58	0.2586
24	89	0.2697	26	85	0.3059	28	98	0.2857
34	122	0.2787	41	124	0.3306	39	144	0.2708
44	154	0.2857	48	160	0.3000	51	185	0.2757
53	186	0.2849	55	196	0.2806	61	224	0.2723
65	214	0.3037	64	231	0.2771	72	264	0.2727
75	244	0.3074	74	266	0.2782	83	299	0.2776
86	276	0.3116	85	301	0.2824	94	338	0.2781
96	313	0.3067	94	338	0.2781	103	378	0.2725
105	339	0.3097	104	373	0.2788	114	414	0.2754
116	370	0.3135	111	406	0.2734	125	454	0.2753
127	418	0.3038	124	443	0.2799	136	490	0.2776
138	434	0.3180	131	476	0.2752	147	527	0.2789
146	466	0.3133	140	514	0.2724	157	564	0.2784
157	496	0.3165	150	545	0.2752	168	605	0.2777
167	526	0.3175	161	581	0.2771	180	645	0.2791
177	560	0.3161	171	618	0.2767	191	680	0.2809
187	590	0.3169	179	648	0.2762	199	713	0.2791
197	623	0.3162	190	687	0.2766	210	753	0.2789
208	656	0.3171	199	729	0.2730	219	787	0.2783
	Promedio	**0.3024**			**0.2827**			**0.2762**
	Desv. Std	**0.0204**			**0.0141**			**0.0053**
			Promedio final:	**0.2871**				

APENDICE A RAZON DE POISSON EN ACEROS TRATADOS TERMICAMENTE

MATERIAL: **ACERO AL MANGANESO**

IDENTIFICACION : **G12V- Tratado Termicamente**

	PZA1-1			**PZA2-1**			**PZA3-2**	
Def, Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon	Def. Transv	Def. Long	Razon
mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson	mm/mm	mm/mm	Poisson
0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	56	0.2857	11	39	0.2821	15	53	0.2830
27	104	0.2596	20	71	0.2817	27	103	0.2621
37	148	0.2500	30	107	0.2804	37	151	0.2450
47	185	0.2541	40	140	0.2857	47	197	0.2386
57	225	0.2533	50	176	0.2841	59	238	0.2479
68	263	0.2586	60	212	0.2830	70	278	0.2518
77	297	0.2593	69	248	0.2782	80	320	0.2500
87	333	0.2613	78	284	0.2746	91	358	0.2542
97	372	0.2608	89	318	0.2799	101	400	0.2525
106	404	0.2624	98	355	0.2761	110	441	0.2494
115	439	0.2620	107	390	0.2744	122	485	0.2515
126	476	0.2647	117	430	0.2721	132	523	0.2524
136	510	0.2667	127	465	0.2731	142	560	0.2536
145	547	0.2651	137	501	0.2735	153	599	0.2554
155	582	0.2663	147	537	0.2737	164	637	0.2575
165	617	0.2674	158	576	0.2743	174	676	0.2574
174	657	0.2648	168	610	0.2754	186	712	0.2612
185	688	0.2689	177	650	0.2723	196	758	0.2586
194	727	0.2669	188	686	0.2741	208	791	0.2630
205	767	0.2673	198	727	0.2724	218	829	0.2630
	Promedio	**0.2632**			**0.2770**			**0.2554**
	Desv. Std	**0.0074**			***0.0044***			**0.0090**
			Promedio final:	**0.2652**				

BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 2/22/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G7AMARILLO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	14	8	108.6345224	196
200	37	16	574.2110471	1369
300	71	23	1652.796663	5041
400	110	31	3414.227848	12100
500	143	39	5548.120253	20449
600	177	47	8240.704487	31329
700	207	54	11243.67307	42849
800	243	62	15084.6794	59049
900	280	70	19554.21404	78400
1000	320	78	24830.74798	102400
1100	362	85	30898.76202	131044
1200	405	93	37711.6985	164025
1300	440	101	44384.96202	193600
1400	478	109	51927.30172	228484
1500	517	116	60175.76582	267289
1600	555	124	68905.32565	308025
1700	597	132	78752.26915	356409
1800	638	140	89111.34683	407044
1900	673	147	99222.11702	452929
2000	711	155	110341.6364	505521
			761683.1944	**3367552**

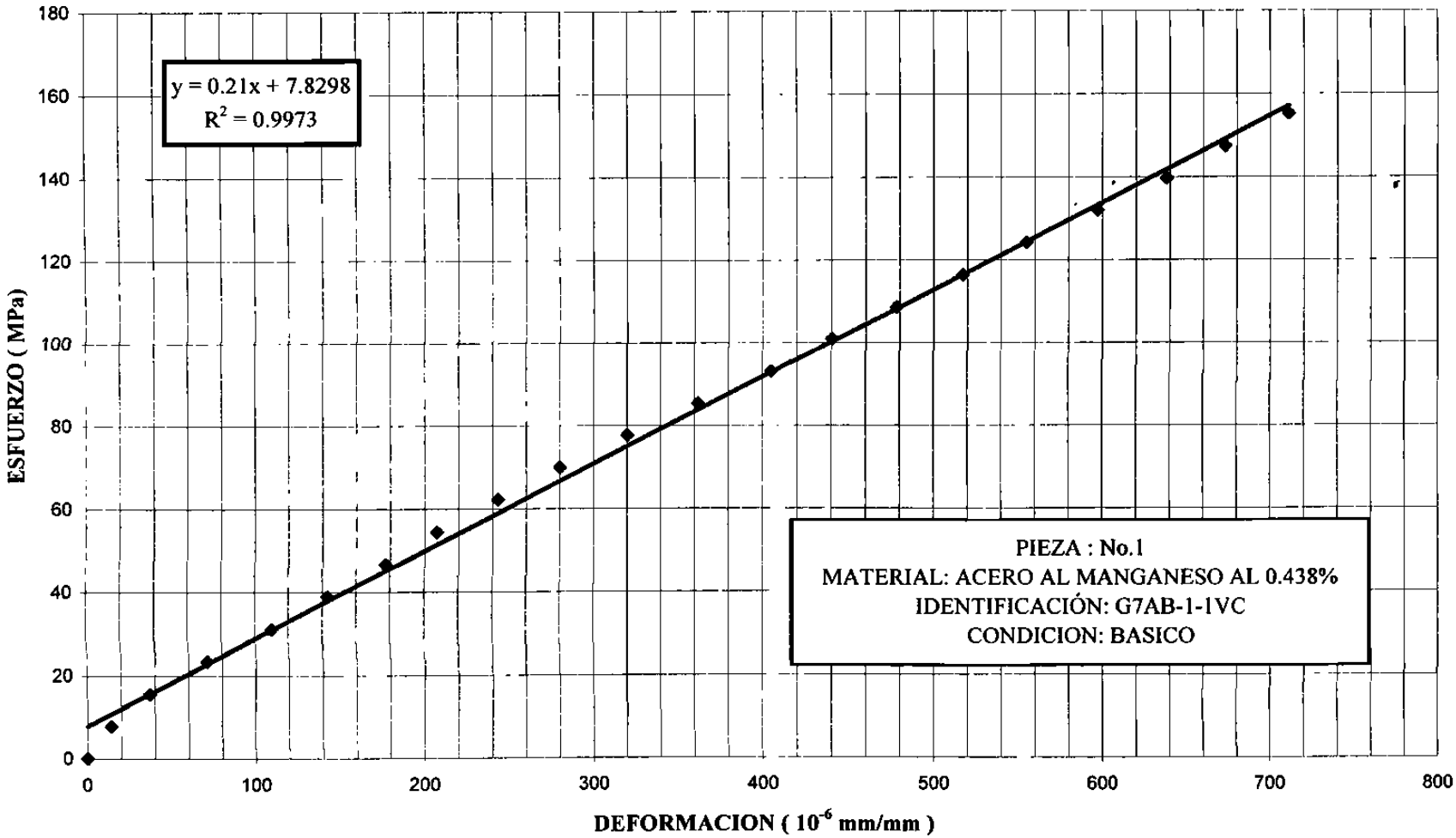
DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **761683.1944**
K= 21
X´= 332.2857143
Y´= 77.59608745
SX^2= **3367552**
X'^2= 110413.7959

MODULO ELASTICO: 209.9 GPa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.209958637 GPa**

ENSAYO ESTATICO DE TENSION



BITACORA DEL ENSAYO

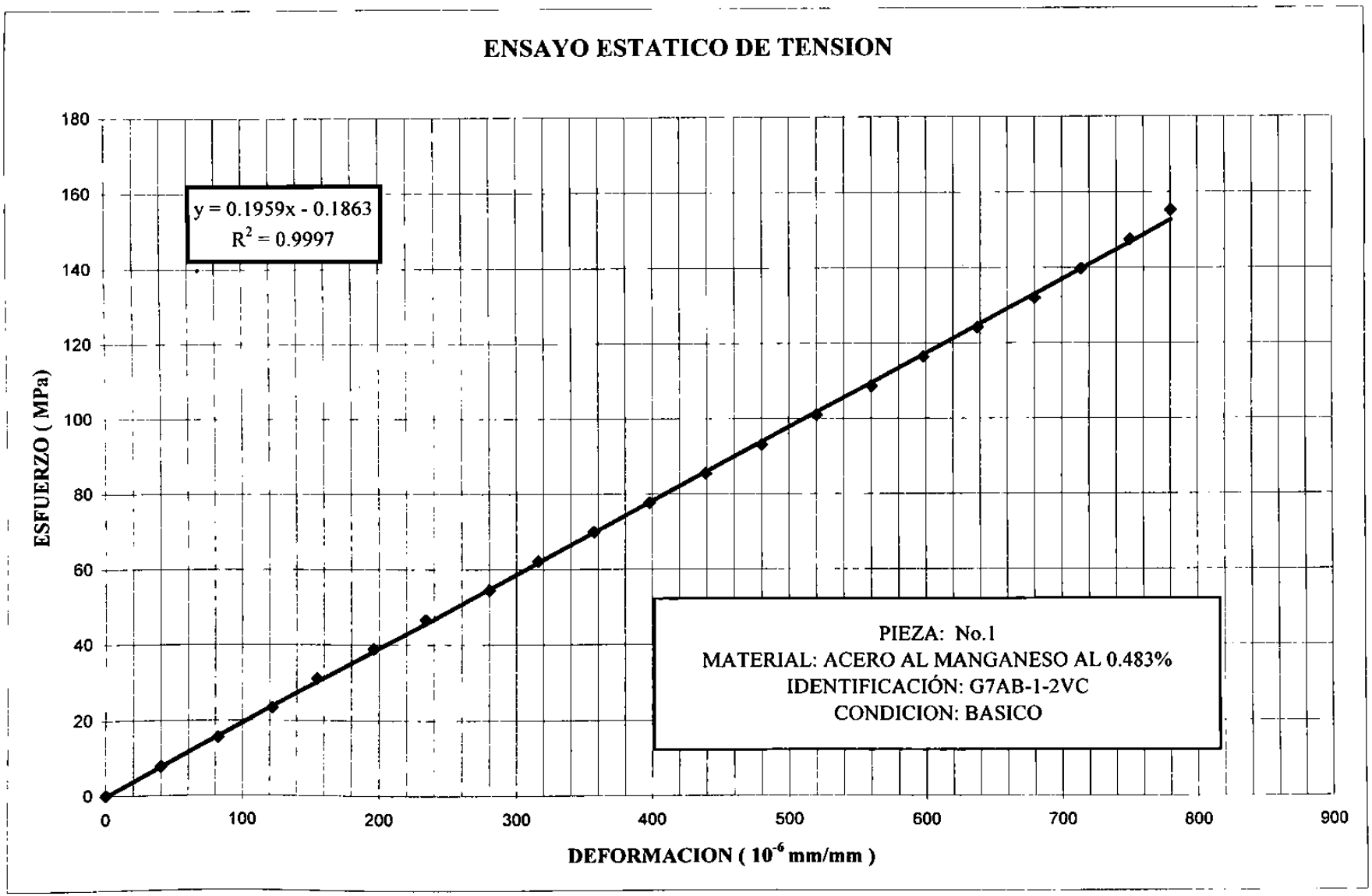
PIEZA No. 1 FECHA : 2/22/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G7AMARILLO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	40	8	310.3843498	1600
200	82	16	1272.575834	6724
300	122	23	2840.016801	14884
400	155	31	4810.957422	24025
500	196	39	7604.41657	38416
600	234	47	10894.49068	54756
700	280	54	15208.83314	78400
800	316	62	19616.29091	99856
900	357	70	24931.6229	127449
1000	398	78	30883.2428	158404
1100	439	85	37471.15063	192721
1200	480	93	44695.34637	230400
1300	520	101	52454.95512	270400
1400	560	109	60835.33256	313600
1500	598	116	69603.69044	357604
1600	638	124	79210.08607	407044
1700	680	132	89701.07709	462400
1800	714	140	99726.49159	509796
1900	750	147	110574.4246	562500
2000	780	155	121049.8964	608400
			883695.2823	**4519379**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **883695.2823**
K= 21
X´= 397.0952381
Y´= 77.59608745 **MODULO ELASTICO: 195.8 GPa**
SX^2= **4519379**
X'^2= 157684.6281

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.195878439 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
y = 0.1959x - 0.1863
R2 = 0.9997
PIEZA: No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.483%
IDENTIFICACIÓN: G7AB-1-2VC
CONDICION: BASICO
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

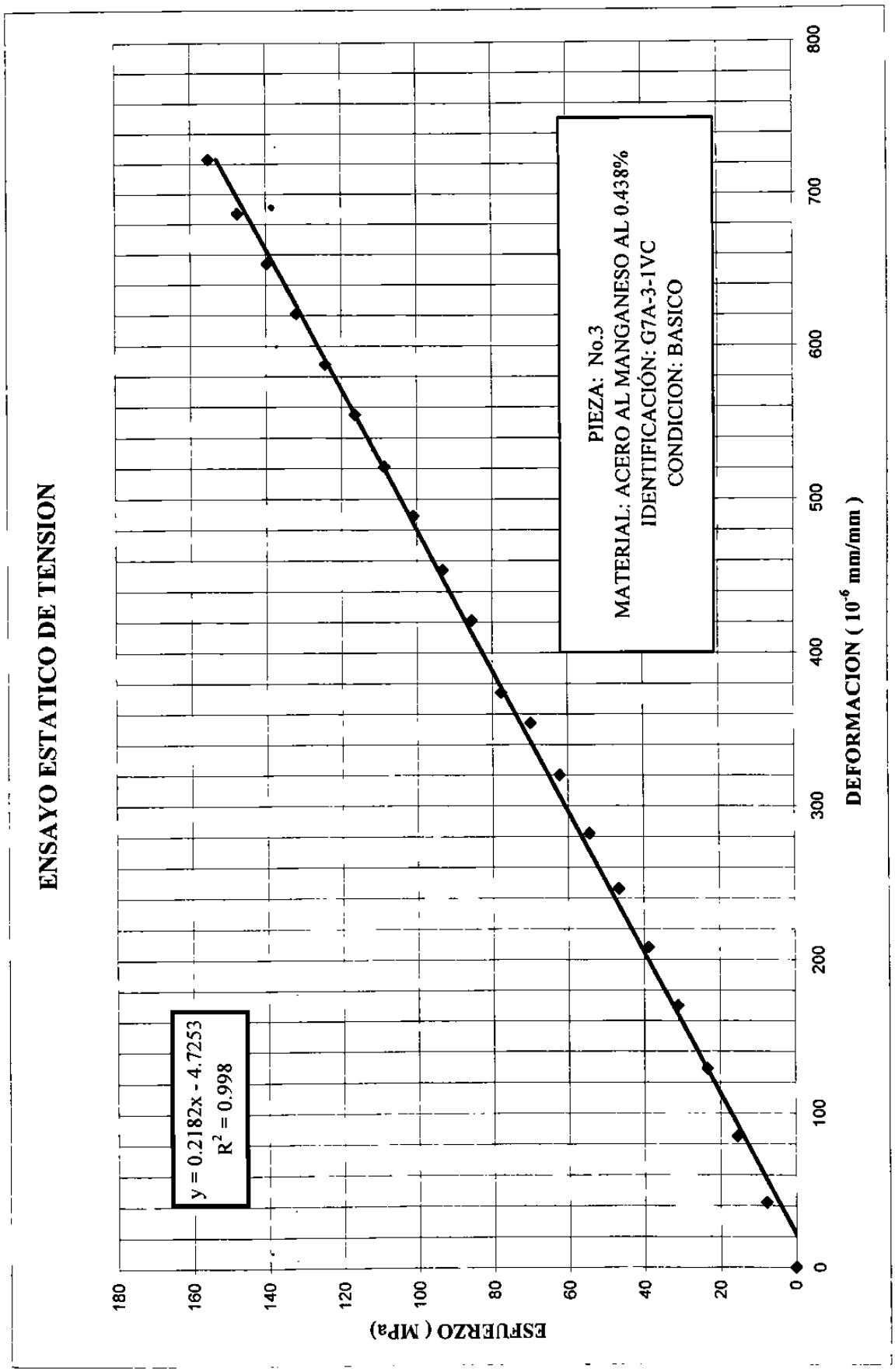
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 2/22/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G7AMARILLO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	42	8	325.9035673	1764
200	85	16	1319.133487	7225
300	129	23	3002.968584	16641
400	170	31	5276.533947	28900
500	208	39	8069.993095	43264
600	246	47	11453.18251	60516
700	282	54	15317.46766	79524
800	320	62	19864.59839	102400
900	354	70	24722.11346	125316
1000	374	78	29020.93671	139876
1100	421	85	35934.7481	177241
1200	454	93	42274.34844	206116
1300	489	101	49327.83279	239121
1400	521	109	56598.58619	271441
1500	555	116	64598.7428	308025
1600	588	124	73002.39907	345744
1700	621	132	81918.18952	385641
1800	654	140	91346.11414	427716
1900	687	147	101286.1729	471969
2000	723	155	112203.9425	522729
			826863.9079	**3961169**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **826863.9079**
K= 21
X'= 377.2857143
Y'= 77.59608745 **MODULO ELASTICO: 218.1GPa**
SX^2= **3961169**
X'^2= 142344.5102
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.218193874 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2182x - 4.7253
R2 = 0.998
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.438%
IDENTIFICACIÓN: G7A-3-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

BITACORA DEL ENSAYO

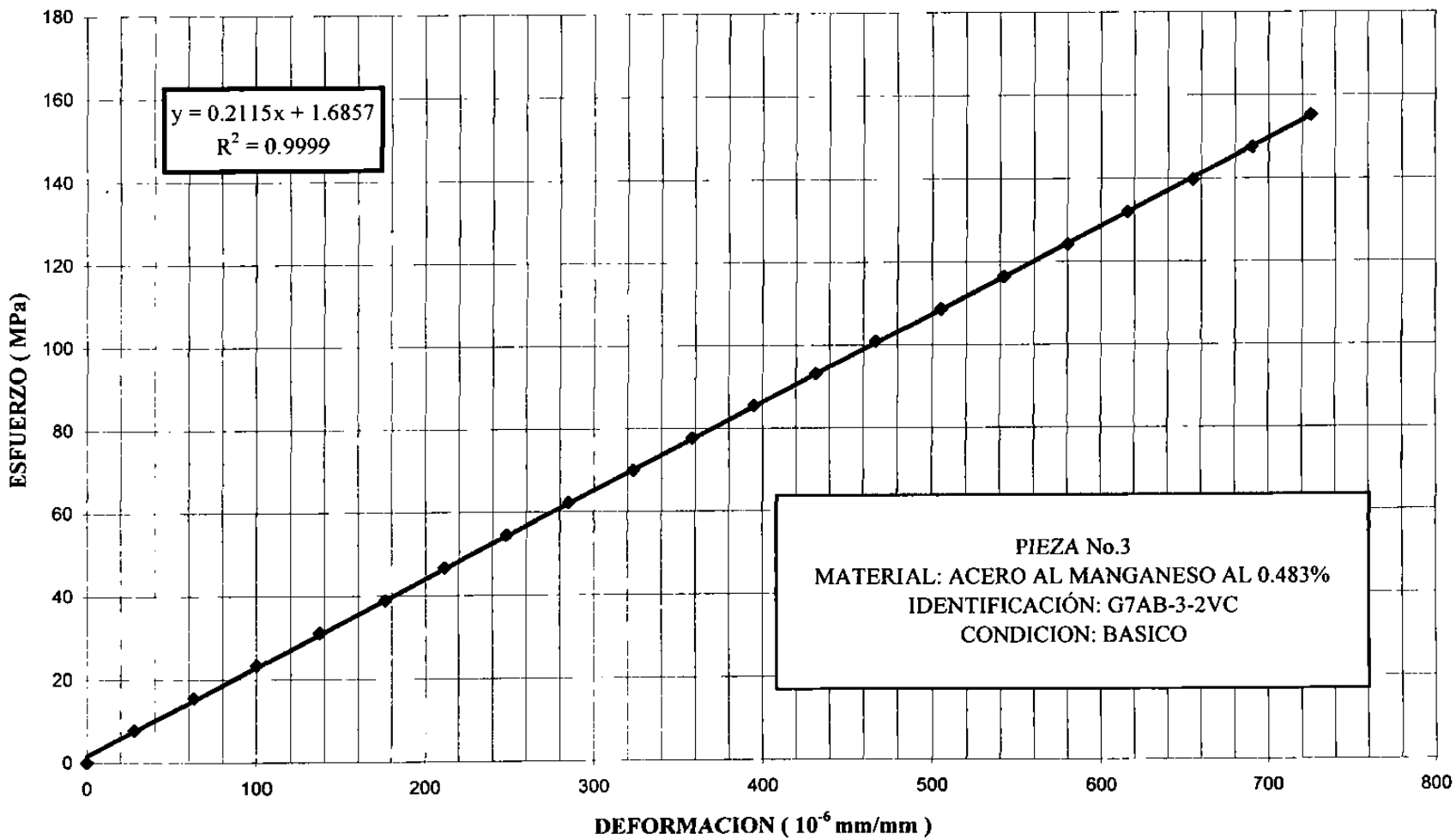
PIEZA No. 3 FECHA : 2/22/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G7AMARILLO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	28	8	217.2690449	784
200	63	16	977.7107019	3969
300	100	23	2327.882623	10000
400	137	31	4252.265592	18769
500	176	39	6828.455695	30976
600	211	47	9823.664671	44521
700	248	54	13470.68078	61504
800	285	62	17691.90794	81225
900	323	70	22557.18262	104329
1000	358	78	27779.39931	128164
1100	395	85	33715.5	156025
1200	432	93	40225.81173	186624
1300	467	101	47108.58469	218089
1400	505	109	54860.43383	255025
1500	542	116	63085.6191	293764
1600	580	124	72009.16915	336400
1700	616	132	81258.62278	379456
1800	655	140	91485.7871	429025
1900	690	147	101728.4706	476100
2000	725	155	112514.3268	525625
			803918.7448	**3740374**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **803918.7448**
K= 21
X´= 358.8571429
Y´= 77.59608745 **MODULO ELASTICO: 211.5 GPa**
SX^2= **3740374**
X'^2= 128778.449
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.211533792 GPa**

ENSAYO ESTATICO DE TENSION



BITACORA DEL ENSAYO

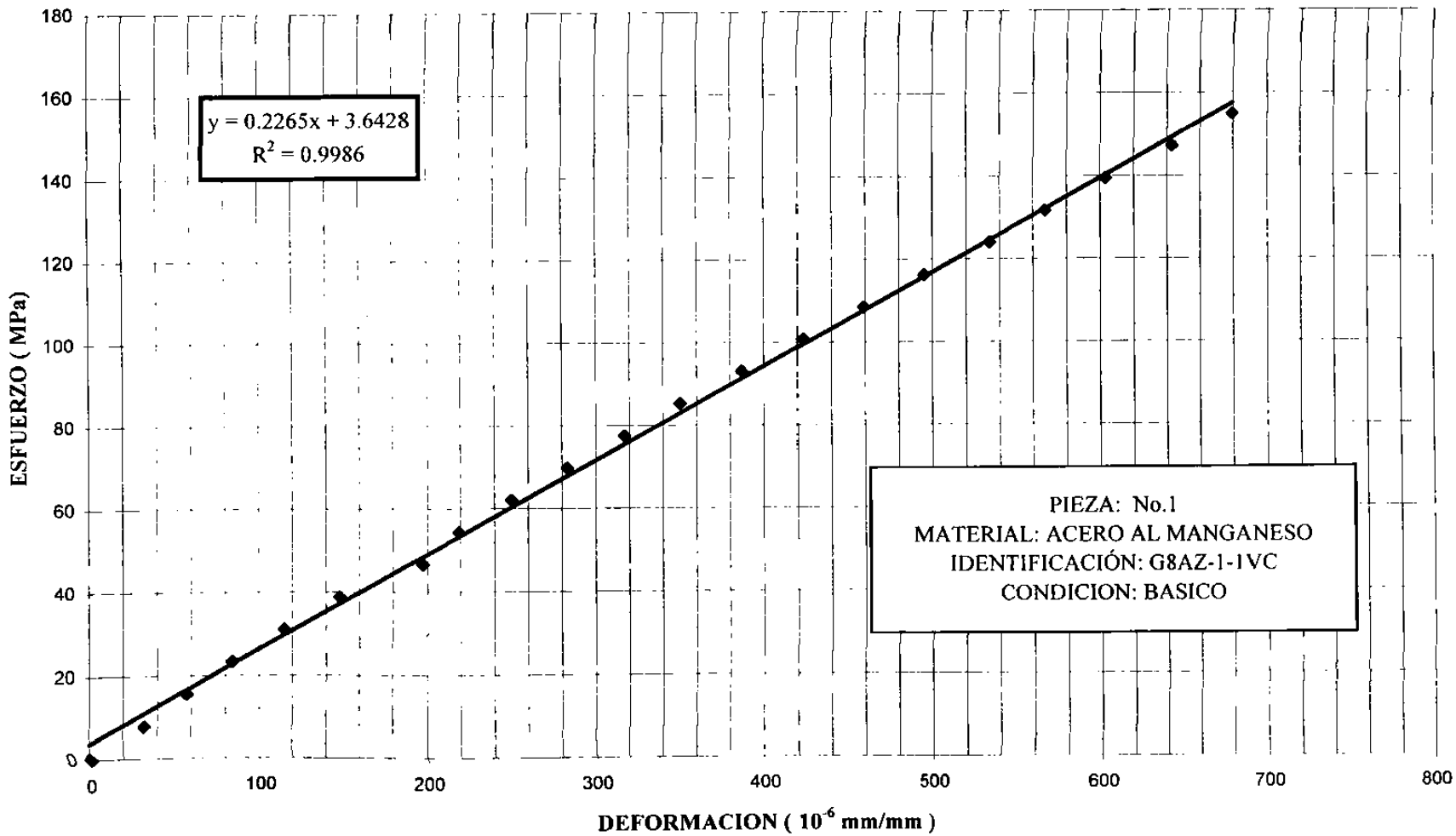
PIEZA No.	1	FECHA:	1/18/99
No: DE LECTURA	1	MEDIDOR	VERTICAL
IDENTIFICACION	G8 AZUL		
CONDICION:	BASICO		
MATERIAL	ACERO AL MANGANESO 1.92 %		
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION		
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143
VEL DEL ENSAYO:	0.2 mm/min	VEL DEL ENSAYO:	1.5 mm/min
AREA	0.19635 in^2	126.6772 mm^2	

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	32	8	247.8109715	1024
200	57	15	882.826586	3249
300	84	23	1951.511401	7056
400	115	31	3562.282715	13225
500	148	39	5730.628716	21904
600	197	46	9153.51776	38809
700	219	54	11871.69435	47961
800	250	62	15488.18572	62500
900	283	70	19724.20451	80089
1000	317	77	24548.77437	100489
1100	350	85	29814.75751	122500
1200	387	93	35963.56724	149769
1300	423	101	42584.76664	178929
1400	459	108	49763.54072	210681
1500	495	116	57499.88948	245025
1600	534	124	66165.52939	285156
1700	567	132	74645.31107	321489
1800	603	139	84054.3839	363609
1900	643	147	94609.58247	413449
2000	679	155	105164.781	461041
			733427.5466	**3127954**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**733427.5466**	
K=	21	
X'=	325.8095238	
Y'=	77.4409286	**MODULO ELASTICO: 226.5GPa**
SX^2=	**3127954**	
X'^2=	106151.8458	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.226507106 GPa**	

ENSAYO ESTATICO DE TENSION



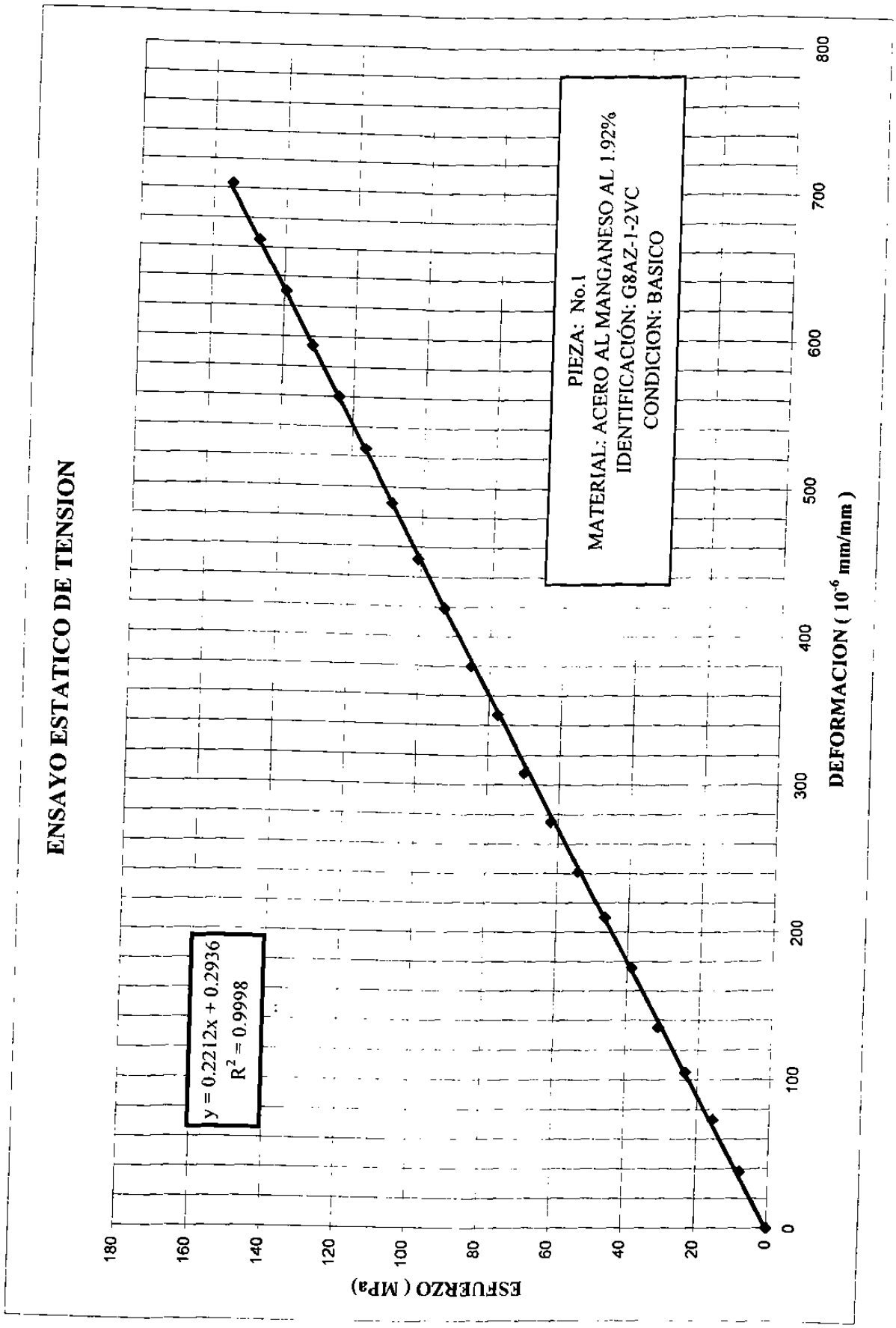
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	1			FECHA:	1/18/99
N° DE LECTURA	2	MEDIDOR	VERTICAL		
IDENTIFICACION:	G8 AZUL				
CONDICION:	BASICO				
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO 1.92 %				
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION				
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143		
VEL DEL ENSAYO:	0.2	mm/min	VEL DEL ENSAYO:	1.5	mm/min
AREA	0.19635 in^2		126.6772 mm^2		

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	38	8	294.2755287	1444
200	73	15	1130.637558	5329
300	105	23	2439.389251	11025
400	135	31	4181.810144	18225
500	176	39	6814.801716	30976
600	210	46	9757.557003	44100
700	241	54	13064.28465	58081
800	275	62	17037.00429	75625
900	308	70	21466.62541	94864
1000	347	77	26872.00222	120409
1100	380	85	32370.30815	144400
1200	419	93	38937.2989	175561
1300	452	101	45504.28964	204304
1400	489	108	53016.05972	239121
1500	525	116	60984.73127	275625
1600	560	124	69387.07202	313600
1700	594	132	78199.8497	352836
1800	630	139	87818.01303	396900
1900	665	147	97846.61328	442225
2000	703	155	108881.9456	494209
			776004.5691	**3498859**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**776004.5691**	
K=	21	
X´=	348.8095238	
Y´=	77.4409286	**MODULO ELASTICO: 221.1 GPa**
SX^2=	**3498859**	
X'^2=	121668.0839	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.221173236 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2212x + 0.2936
R2 = 0.9998
PIEZA: No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.92%
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-1-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

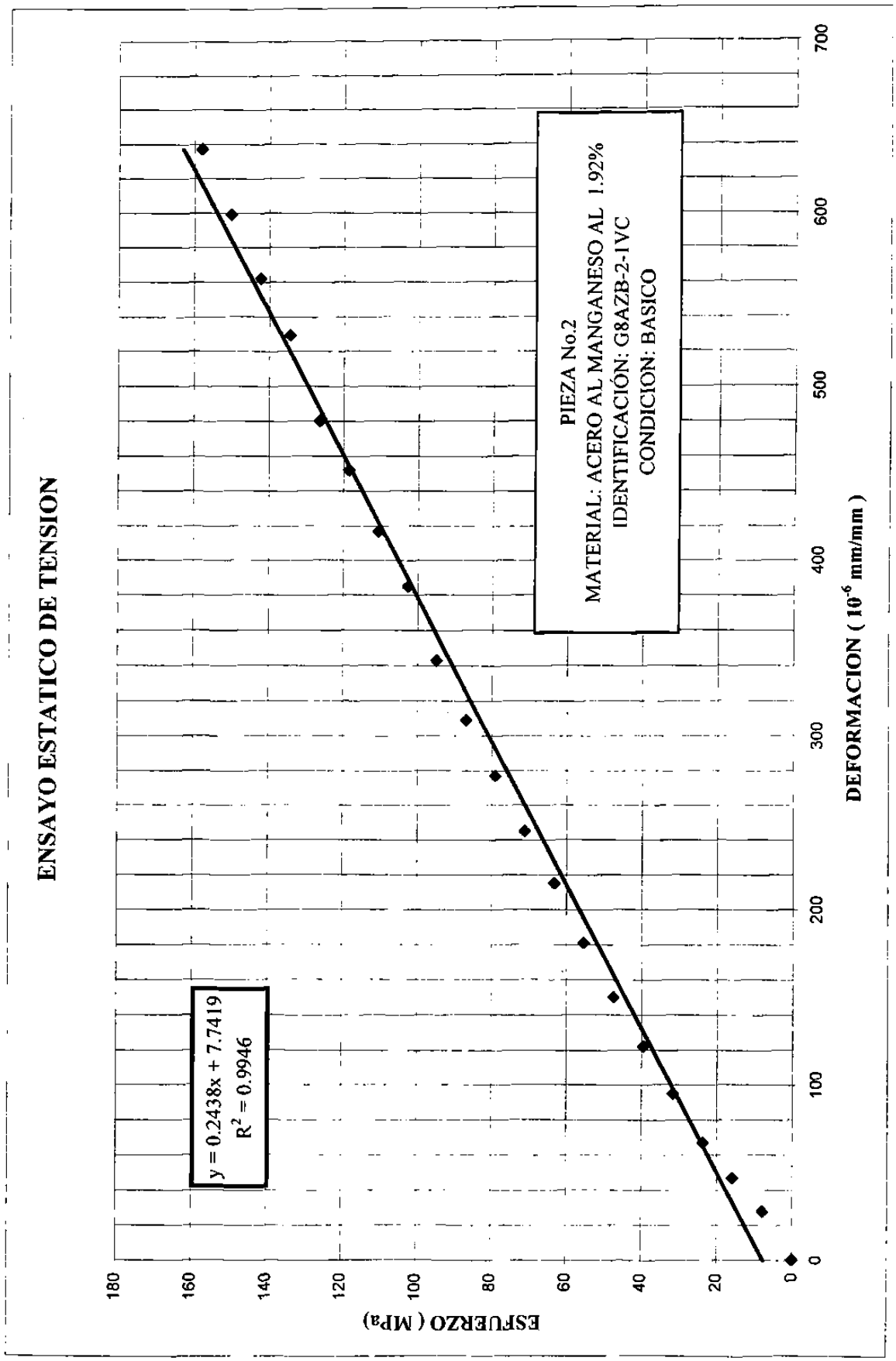
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	2			FECHA:	1/18/99
No. DE LECTURA	1	MEDIDOR	VERTICAL		
IDENTIFICACION	G8 AZUL				
CONDICION:	BASICO				
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO 1.92 %				
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION				
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143		
VEL DEL ENSAYO:	0.2	mm/min	VEL DEL ENSAYO:	1.5	mm/min
AREA:	0.192442635	in^2	124.1563		

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	28	8	221.237263	784
200	47	16	742.7250973	2209
300	67	24	1588.167495	4489
400	95	32	3002.505713	9025
500	122	40	4819.811802	14884
600	150	47	7111.19774	22500
700	181	55	10010.98615	32761
800	215	63	13590.28901	46225
900	245	71	17422.43446	60025
1000	277	79	21886.68638	76729
1100	309	87	26856.62347	95481
1200	343	95	32521.87767	117649
1300	385	103	39546.16077	148225
1400	417	111	46127.96934	173889
1500	452	119	53571.02298	204304
1600	480	126	60682.22072	230400
1700	529	134	71056.66809	279841
1800	562	142	79929.8626	315844
1900	599	150	89925.04609	358801
2000	637	158	100662.9547	405769
			681276.4475	**2599834**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**681276.4475**	
K=	21	
X´=	292.3809524	
Y´=	79.01330823	**MODULO ELASTICO: 243.5 GPa**
SX^2=	**2599834**	
X'^2=	85486.62132	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.24376223 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2438x + 7.7419
R2 = 0.9946
PIEZA No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.92%
IDENTIFICACIÓN: G8AZB-2-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700

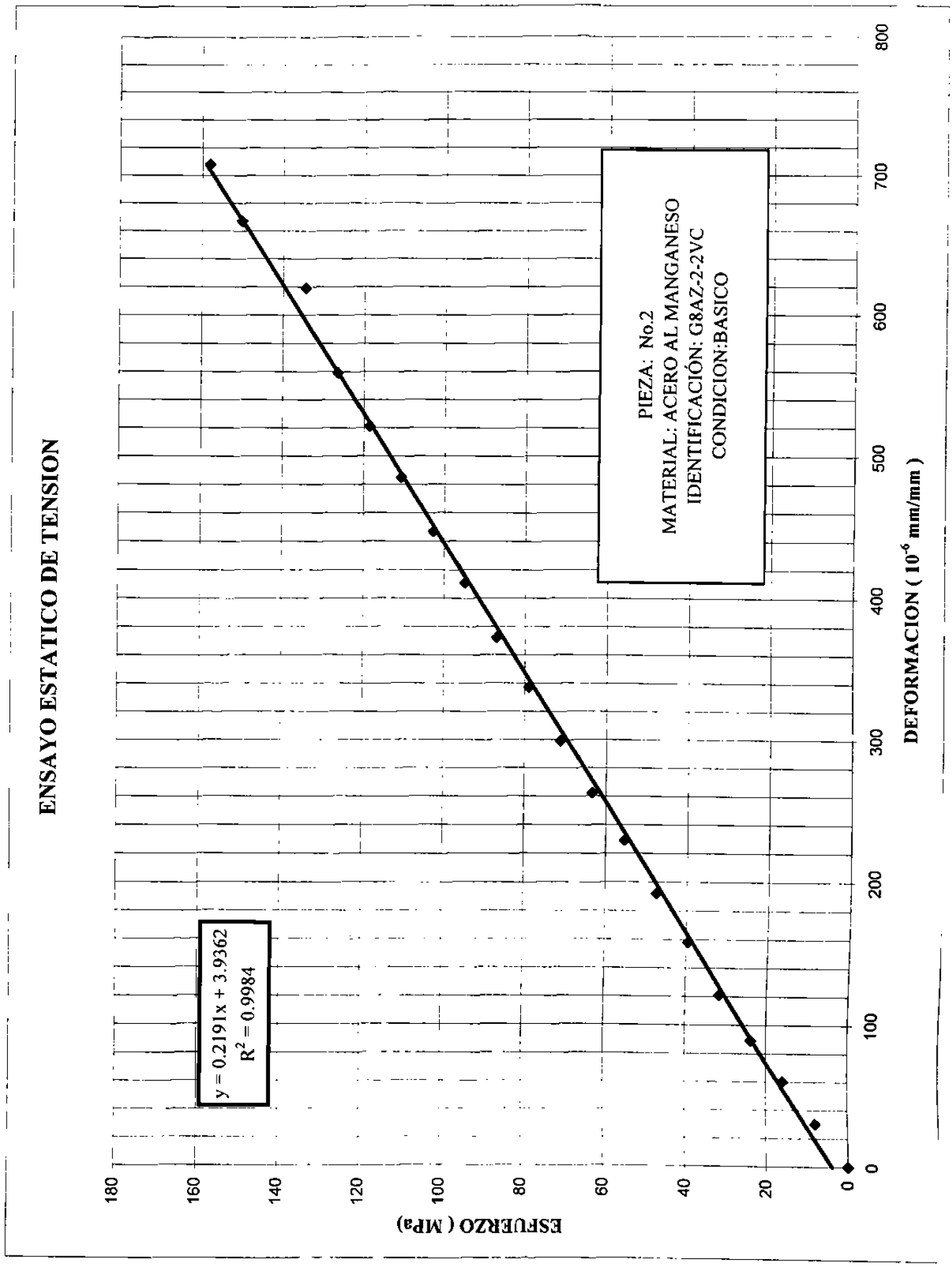
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	2			FECHA:	1/18/99
No. DE LECTURA	2	MEDIDOR	VERTICAL		
IDENTIFICACION	G8 AZUL				
CONDICION:	BASICO				
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO 1.92 %				
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION				
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143		
VEL DEL ENSAYO:	0.2	mm/min	VEL DEL ENSAYO:	1.5	mm/min
AREA:	0.192442635	in^2	124.1563	mm^2	

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	30	8	237.0399247	900
200	60	16	948.1596987	3600
300	89	24	2109.65533	7921
400	121	32	3824.244118	14641
500	158	40	6242.05135	24964
600	192	47	9102.333108	36864
700	229	55	12665.83331	52441
800	262	63	16561.1894	68644
900	299	71	21262.48124	89401
1000	337	79	26627.48487	113569
1100	372	87	32332.24573	138384
1200	411	95	38969.36362	168921
1300	447	103	45914.63341	199809
1400	485	111	53650.03628	235225
1500	521	119	61748.90038	271441
1600	559	126	70669.50288	312481
1700	619	134	83145.70425	383161
1900	667	150	100133.5655	444889
2000	708	158	111882.8444	501264
			698027.2689	**3068520**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**698027.2689**	
K=	21	
X'=	312.6666667	
Y'=	72.24073895	**MODULO ELASTICO: 218.6 GPa**
SX^2=	**3068520**	
X'^2=	97760.44444	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.220269243 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2191x + 3.9362
R2 = 0.9984
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-2-2VC
CONDICION:BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

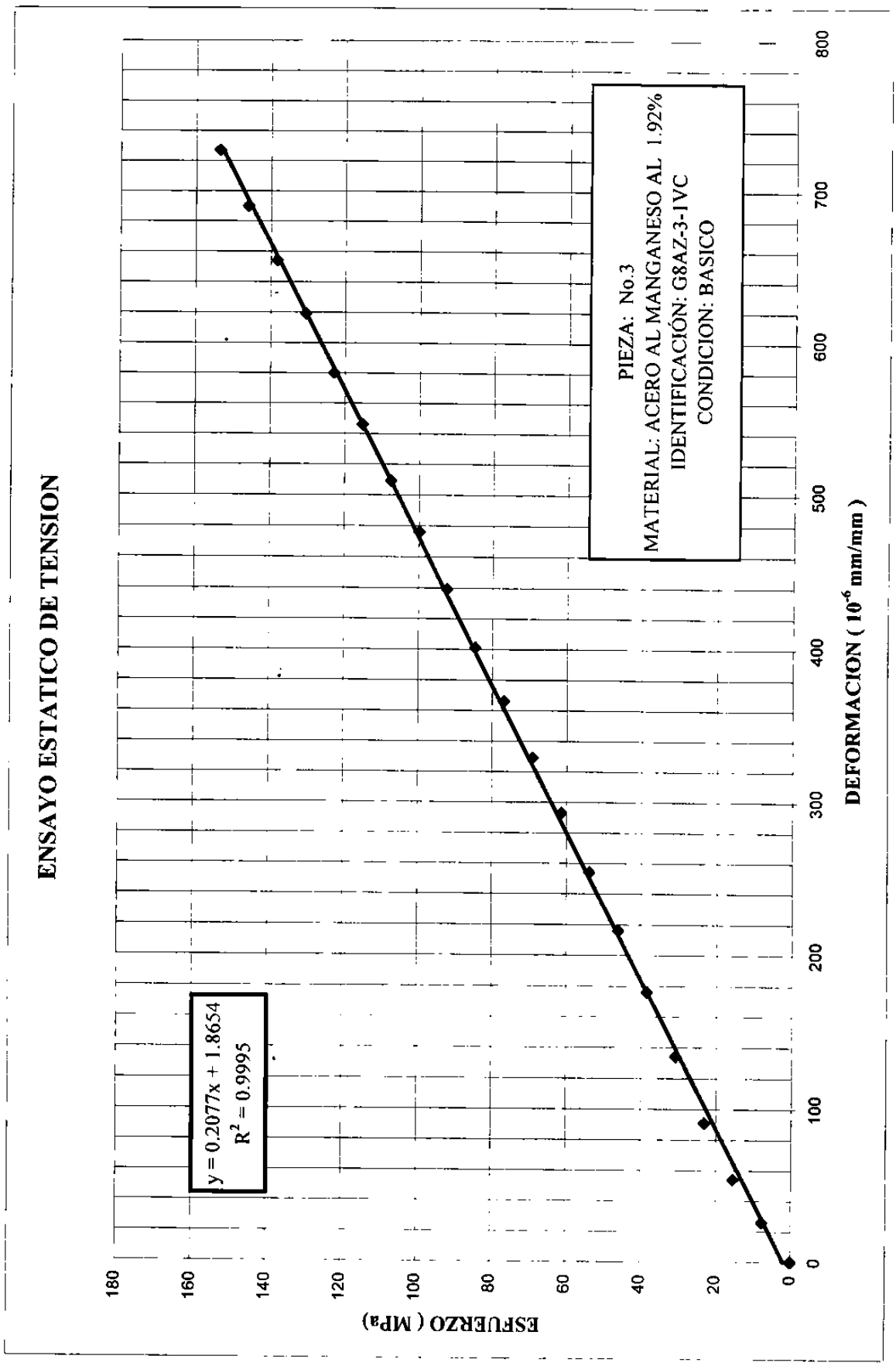
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	3		FECHA:	1/18/99
No. DE LECTURA	1	MEDIDOR VERTICAL		
IDENTIFICACION:	G8 AZUL			
CONDICION:	BASICO			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO 1.92 %			
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO:	0.2	mm/min	VEL DEL ENSAYO: 1.5	mm/min
AREA	0.197923942	in^2	127.6926	mm^2

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	26	8	199.7453259	676
200	54	15	829.7113537	2916
300	91	23	2097.325922	8281
400	134	31	4117.826718	17956
500	176	38	6760.61103	30976
600	216	46	9956.536244	46656
700	254	54	13659.50729	64516
800	293	61	18007.80938	85849
900	329	69	22747.91961	108241
1000	366	77	28117.99587	133956
1100	401	85	33887.56279	160801
1200	439	92	40471.47603	192721
1300	476	100	47539.38756	226576
1400	509	108	54745.58432	259081
1500	546	115	62919.77765	298116
1600	580	123	71293.71632	336400
1700	619	131	80843.0794	383161
1800	654	138	90438.53755	427716
1900	690	146	100717.7393	476100
2000	727	154	111703.7322	528529
			801055.5819	**3789224**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**801055.5819**	
K=	21	
X´=	360.952381	
Y´=	76.82512534	
SX^2=	**3789224**	**MODULO ELASTICO: 207.6 GPa**
X'^2=	130286.6213	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.207671955 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2077x + 1.8654
R2 = 0.9995
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.92%
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-3-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

BITACORA DEL ENSAYO

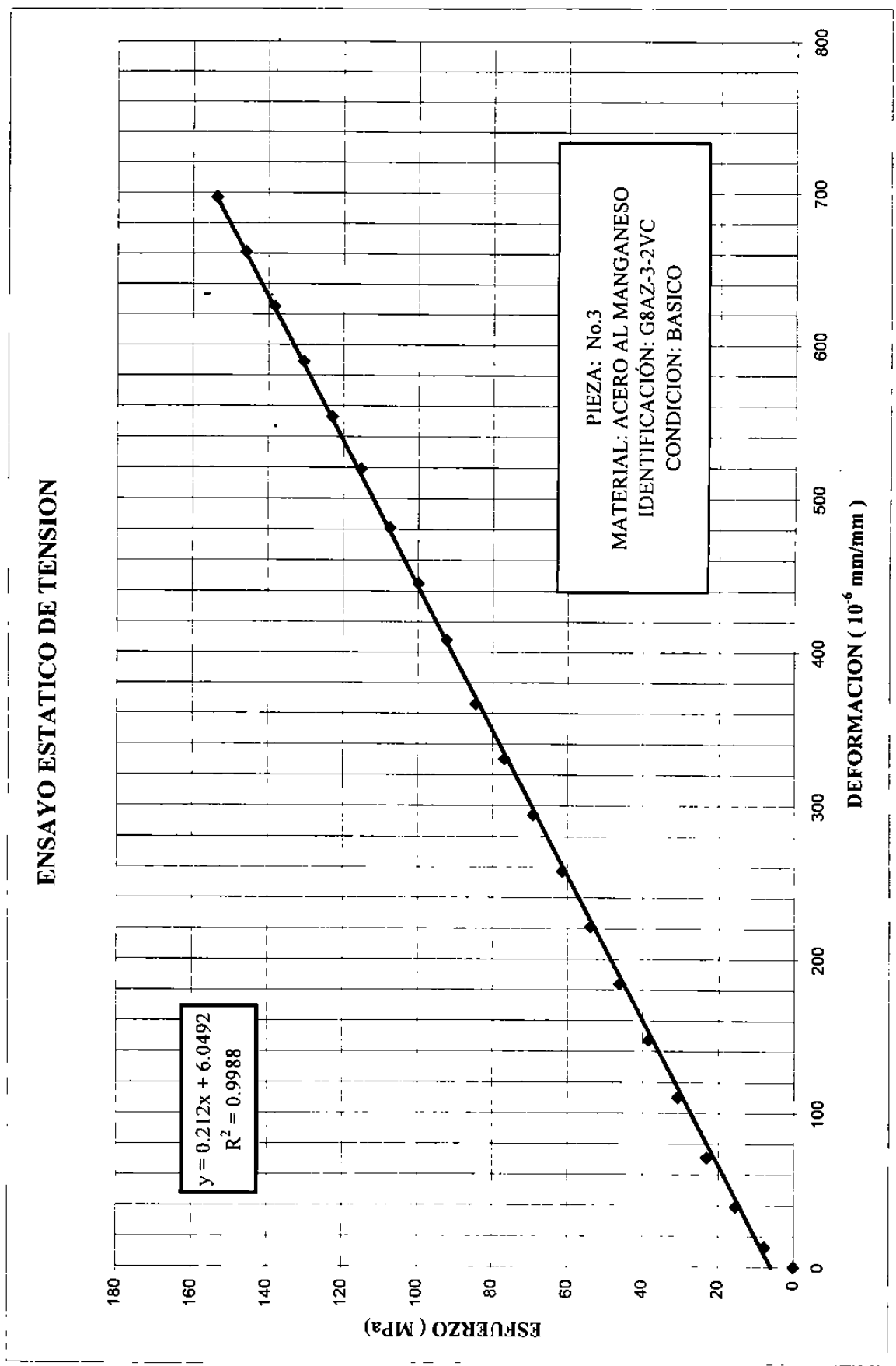
PIEZA No.	3			FECHA:	1/18/99
No. DE LECTURA	2	MEDIDOR	VERTICAL		
IDENTIFICACION	G8 AZUL				
CONDICION:	BASICO				
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO 1.92 %				
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION				
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143		
VEL DEL ENSAYO:	0.2	mm/min	VEL DEL ENSAYO:	1.5	mm/min
AREA:	0.197923942	in^2	127.6926		

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	13	8	99.87266294	169
200	39	15	599.2359777	1521
300	71	23	1636.37517	5041
400	110	31	3380.305515	12100
500	147	38	5646.646712	21609
600	184	46	8481.493838	33856
700	221	54	11884.84689	48841
800	257	61	15795.24577	66049
900	294	69	20327.92816	86436
1000	330	77	25352.29136	108900
1100	366	85	30929.79546	133956
1200	408	92	37613.58137	166464
1300	445	100	44443.33501	198025
1400	481	108	51734.0394	231361
1500	519	115	59808.36008	269361
1600	553	123	67974.8709	305809
1700	589	131	76924.998	346921
1800	625	138	86428.26601	390625
1900	661	146	96484.67491	436921
2000	697	154	107094.2247	485809
			752640.3879	**3349774**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**752640.3879**	
K=	21	
X´=	333.8095238	
Y´=	76.82512534	**MODULO ELASTICO: 212.0 GPa**
SX^2=	**3349774**	
X'^2=	111428.7982	

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.212024937 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10^{-6} mm/mm)
y = 0.212x + 6.0492
R^2 = 0.9988
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-3-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

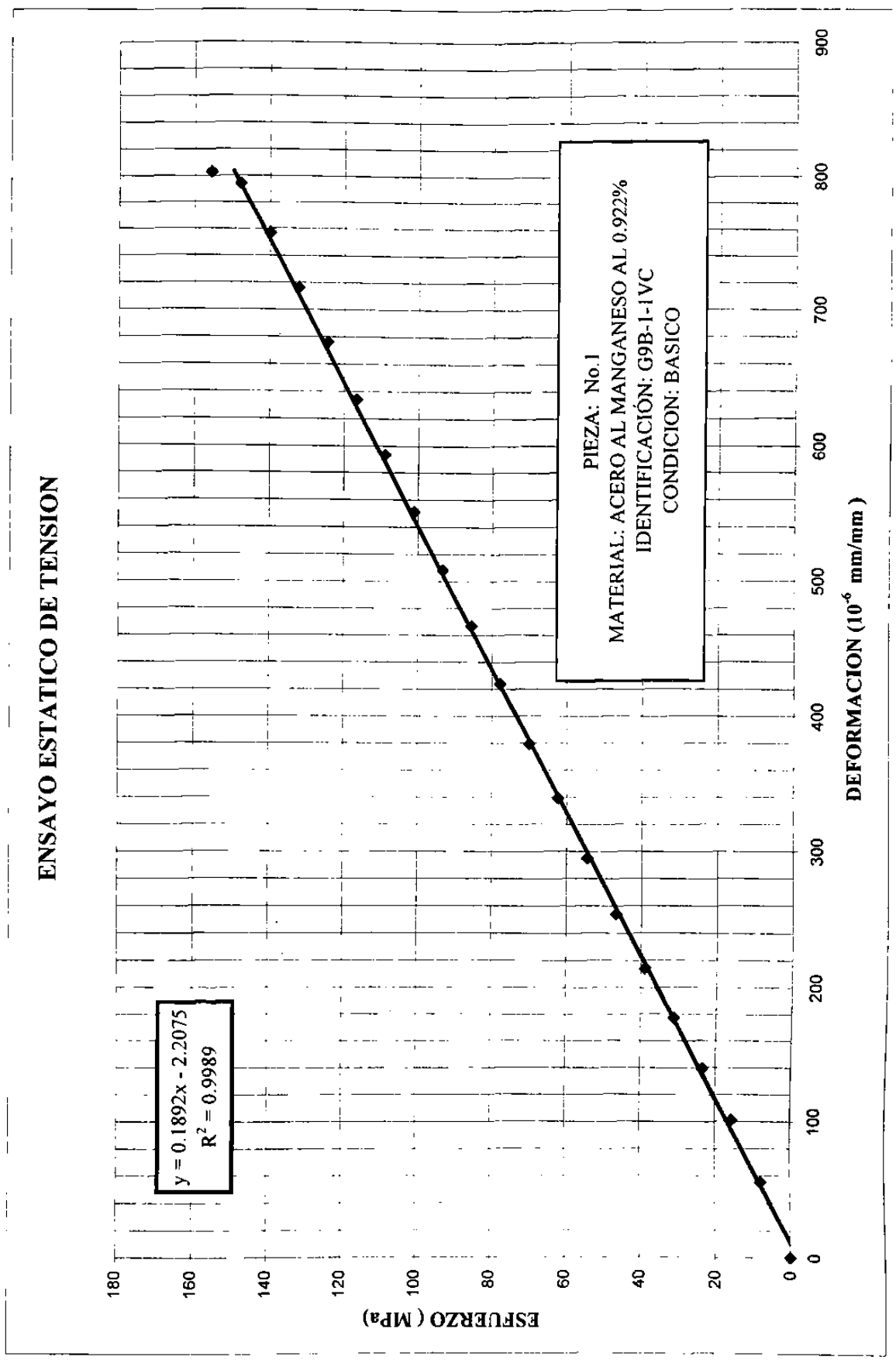
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G9 BLANCO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.195565385 $in.^2$ 126.1710 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	55	8	427.6339254	3025
200	101	16	1570.582781	10201
300	139	23	3242.242671	19321
400	177	31	5504.814894	31329
500	214	39	8319.423639	45796
600	254	47	11849.34731	64516
700	295	54	16055.71011	87025
800	339	62	21086.2401	114921
900	379	70	26521.07854	143641
1000	424	78	32966.68807	179776
1100	467	86	39941.00863	218089
1200	508	93	47397.38926	258064
1300	551	101	55693.48741	303601
1400	593	109	64549.39725	351649
1500	634	117	73941.79328	401956
1600	676	124	84096.15522	456976
1700	716	132	94639.27527	512656
1800	757	140	105944.3612	573049
1900	794	148	117296.0982	630436
2000	803	156	124869.1062	644809
			935911.8339	**5050836**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **935911.8339**
K= 21
X´= 422.6666667
Y´= 77.7516228 **MODULO ELASTICO:189.1 GPa**
SX^2= **5050836**
X'^2= 178647.1111
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.189177649 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10^{-6} mm/mm)
y = 0.1892x - 2.2075
R^2 = 0.9989
PIEZA: No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.922%
IDENTIFICACIÓN: G9B-1-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

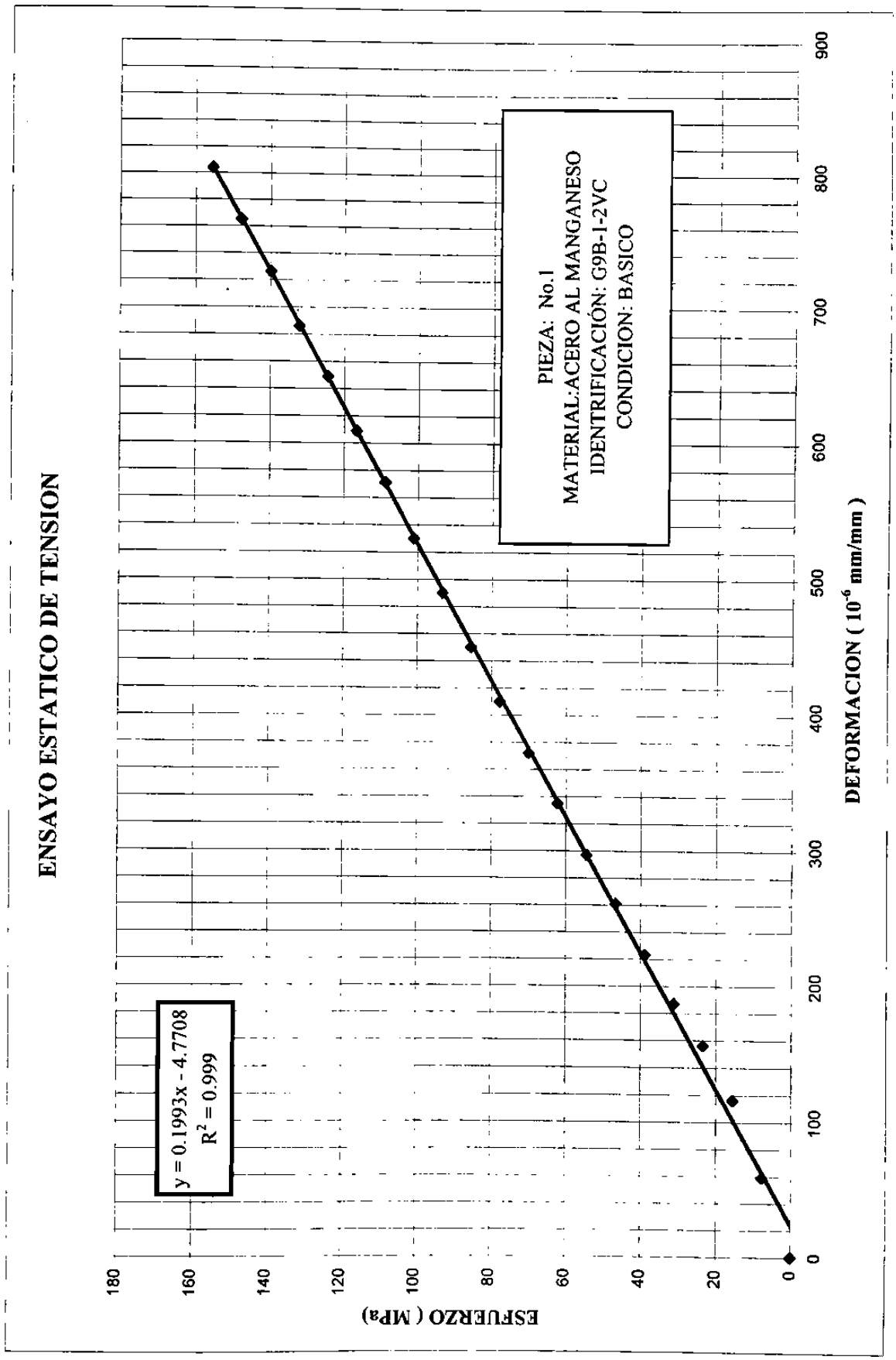
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G9 BLANCO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.195565385 $in.^2$ 126.1710 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	59	8	458.7345745	3481
200	116	16	1803.837649	13456
300	156	23	3638.775947	24336
400	187	31	5815.821385	34969
500	223	39	8669.305942	49729
600	261	47	12175.90413	68121
700	297	54	16164.56238	88209
800	335	62	20837.43491	112225
900	372	70	26031.24331	138384
1000	410	78	31878.16535	168100
1100	450	86	38487.05328	202500
1200	490	93	45717.95421	240100
1300	530	101	53570.86811	280900
1400	571	109	62154.64726	326041
1500	609	117	71026.10743	370881
1600	649	124	80737.28511	421201
1700	686	132	90673.94251	470596
1800	726	140	101605.8207	527076
1900	765	148	113011.9837	585225
2000	804	156	125024.6095	646416
			909484.0574	**4771946**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **909484.0574**
K= 21
X'= 414.0952381
Y'= 77.7516228 **MODULO ELASTICO: 199.2 GPa**
SX^2= **4771946**
X'^2= 171474.8662
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.199283659 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.1993x - 4.7708
R2 = 0.999
PIEZA: No.1
MATERIAL:ACERO AL MANGANESO
IDENTRIFICACIÓN: G9B-1-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

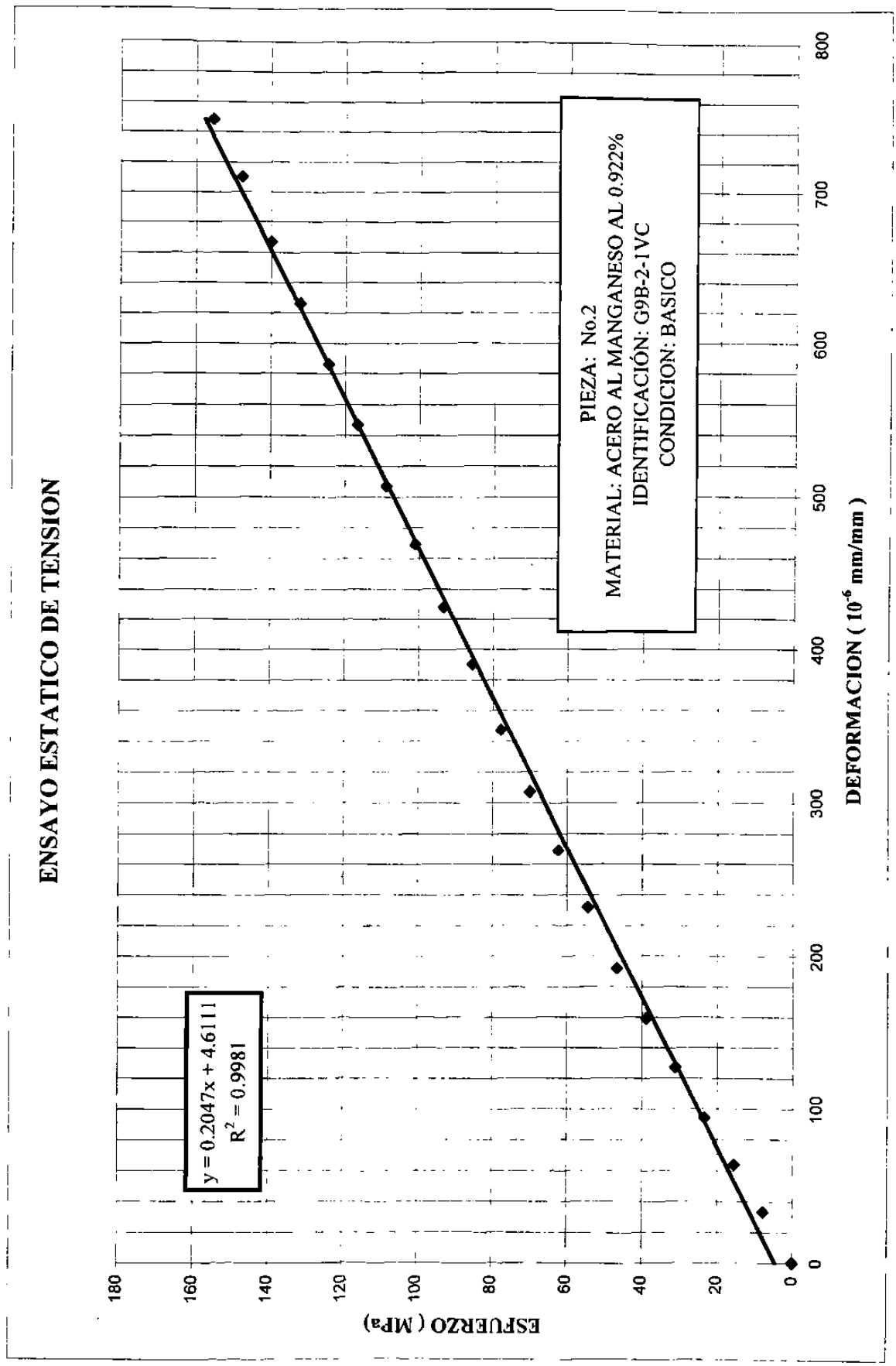
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G9 BLANCO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.195565385 $in.^2$ 126.1710 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	33	8	256.5803552	1089
200	64	16	995.2207718	4096
300	94	23	2192.595763	8836
400	127	31	3949.782438	16129
500	159	39	6181.254012	25281
600	192	47	8956.986946	36864
700	232	54	12626.86354	53824
800	269	62	16732.14923	72361
900	307	70	21482.77338	94249
1000	347	78	26979.81311	120409
1100	390	86	33355.44618	152100
1200	428	93	39933.23347	183184
1300	469	101	47405.16442	219961
1400	507	109	55188.10186	257049
1500	547	117	63795.20651	299209
1600	586	124	72899.92154	343396
1700	626	132	82743.27698	391876
1800	667	140	93348.59833	444889
1900	710	148	104886.9392	504100
2000	748	156	116316.4277	559504
			810226.3357	**3788406**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **810226.3357**
K= 21
X´= 357.2380952
Y´= 77.7516228 **MODULO ELASTICO: 204.7 GPa**
SX^2= **3788406**
X'^2= 127619.0567
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.204738787 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2047x + 4.6111
R2 = 0.9981
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.922%
IDENTIFICACIÓN: G9B-2-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

BITACORA DEL ENSAYO

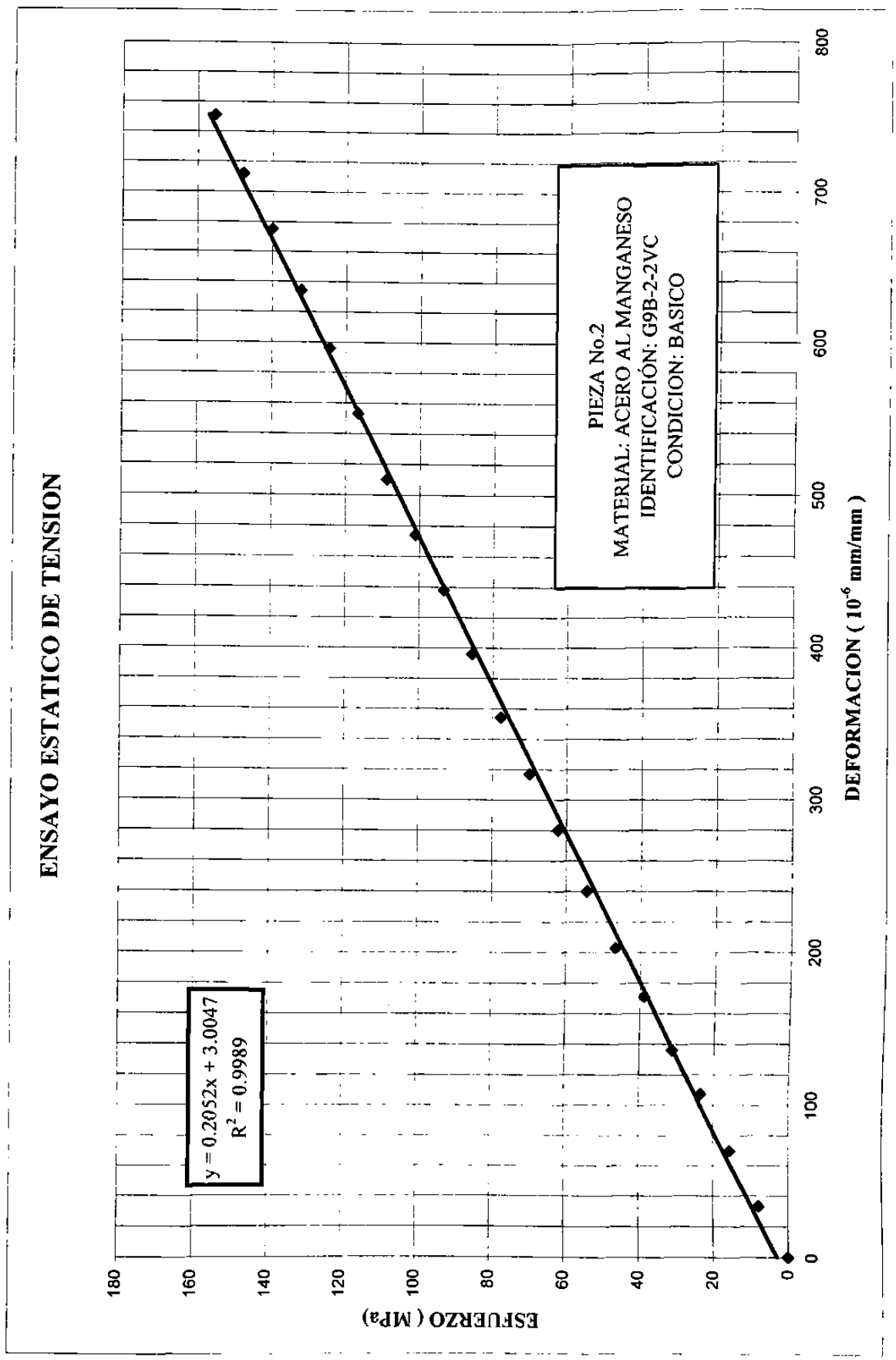
PIEZA No.	2		FECHA :	1/18/99
No. DE LECTURA:	2	MEDIDOR: VERTICAL		
IDENTIFICACION :	G9 BLANCO			
CONDICIÓN:	BASICO			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %			
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	VEL DEL ENSAYO : 1.5	mm/min.
AREA:	0.195565385 in.^{2}		126.1710 mm.^{2}	

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	33	8	256.5803552	1089
200	70	16	1088.522719	4900
300	107	23	2495.827092	11449
400	136	31	4229.68828	18496
500	171	39	6647.763749	29241
600	203	47	9470.147657	41209
700	240	54	13062.27263	57600
800	280	62	17416.36351	78400
900	317	70	22182.53798	100489
1000	354	78	27524.07447	125316
1100	396	86	33868.60689	156816
1200	438	93	40866.25294	191844
1300	474	101	47910.54997	224676
1400	510	109	55514.65868	260100
1500	553	117	64494.97111	305809
1600	596	124	74143.9475	355216
1700	634	132	83800.69905	401956
1800	675	140	94468.2217	455625
1900	712	148	105182.3953	506944
2000	751	156	116782.9374	564001
			821407.019	**3891176**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**821407.019**
K=	21
X'=	364.2857143
Y'=	77.7516228
SX^2=	**3891176**
X'^2=	132704.0816
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.205187521 GPa**

MODULO ELASTICO: 205.1 GPa


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2052x + 3.0047
R2 = 0.9989
PIEZA No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G9B-2-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

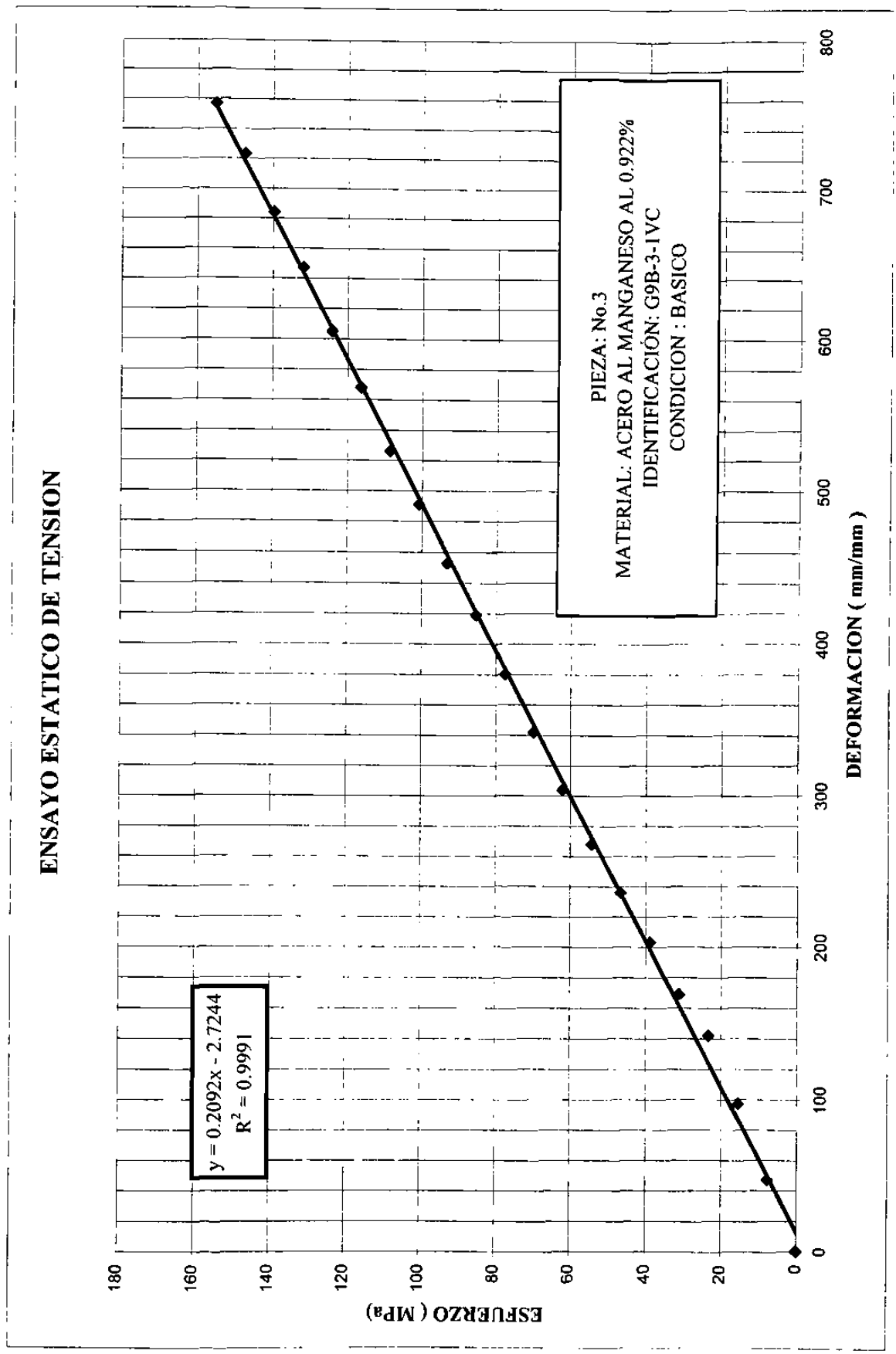
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G9 BLANCO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.195957496 $in.^2$ 126.4239 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	47	8	364.701611	2209
200	97	16	1505.364097	9409
300	142	23	3305.593325	20164
400	169	31	5245.495512	28561
500	203	39	7876.002876	41209
600	236	47	10987.60598	55696
700	268	54	14557.02601	71824
800	304	62	18871.36847	92416
900	342	70	23884.07572	116964
1000	380	78	29486.51323	144400
1100	419	85	35764.03671	175561
1200	453	93	42181.23314	205209
1300	491	101	49529.58262	241081
1400	526	109	57141.7588	276676
1500	568	116	66111.86651	322624
1600	605	124	75113.01265	366025
1700	647	132	85347.93658	418609
1800	684	140	95536.30287	467856
1900	723	147	106593.7453	522729
2000	757	155	117480.4764	573049
			846883.6984	**4152271**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **846883.6984**
K= 21
X'= 383.8571429
Y'= 77.59608745 **MODULO ELASTICO: 209.2 GPa**
SX^2= **4152271**
X'^2= 147346.3061
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.209245687 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (mm/mm)
y = 0.2092x - 2.7244
R² = 0.9991
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.922%
IDENTIFICACIÓN: G9B-3-1VC
CONDICION : BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

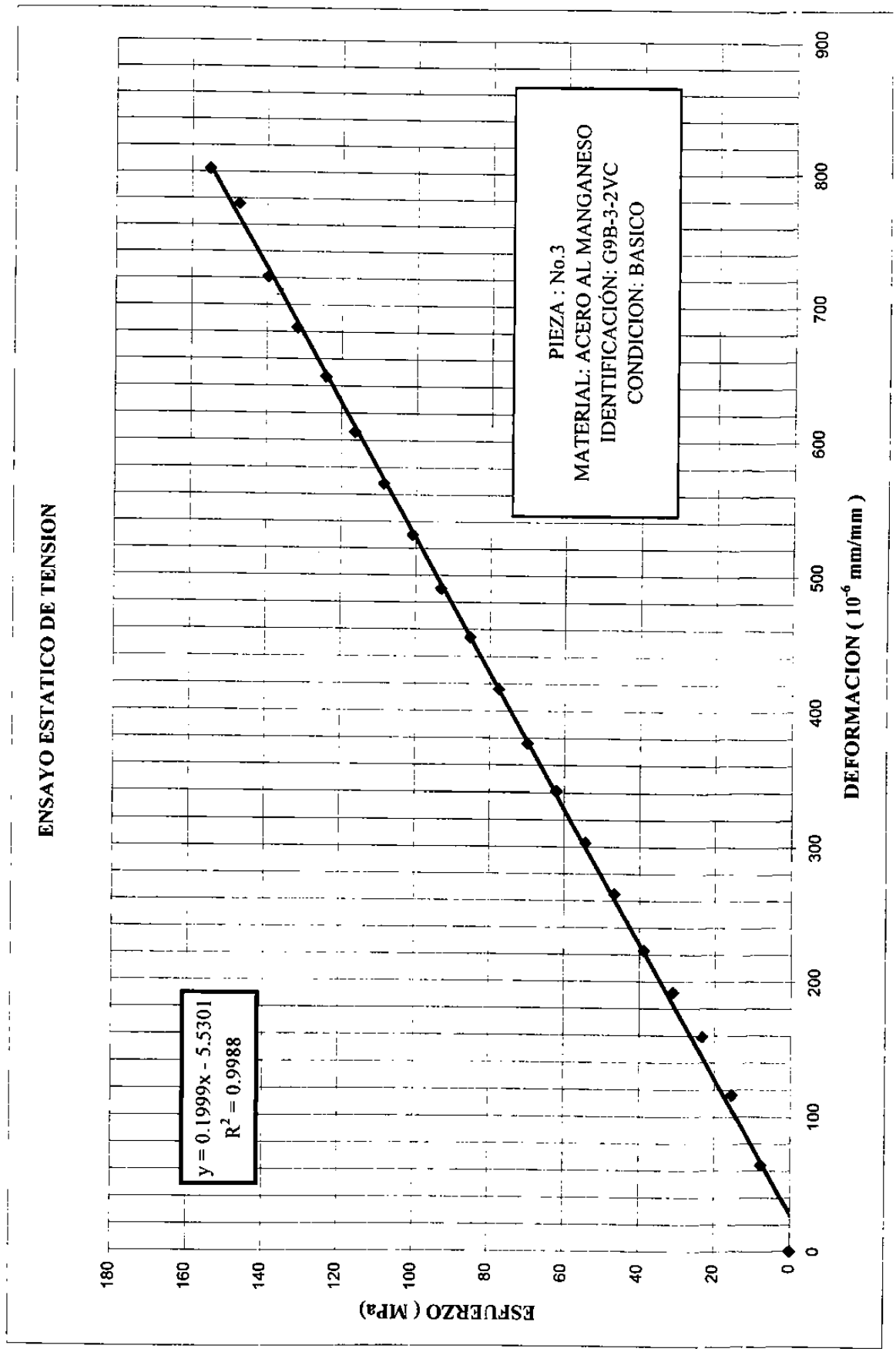
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G9 BLANCO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.195957496 $in.^2$ 126.4239 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	64	8	496.6149597	4096
200	116	16	1800.229229	13456
300	159	23	3701.333371	25281
400	192	31	5959.379516	36864
500	223	39	8651.963751	49729
600	265	47	12337.7779	70225
700	303	54	16458.13015	91809
800	341	62	21168.21266	116281
900	376	70	26258.51599	141376
1000	416	78	32279.97238	173056
1100	454	85	38751.48607	206116
1200	490	93	45626.49942	240100
1300	530	101	53463.70425	280900
1400	568	109	61704.40874	322624
1500	606	116	70534.84349	367236
1600	647	124	80327.46973	418609
1700	683	132	90096.81714	466489
1800	721	140	100704.2023	519841
1900	776	147	114407.6713	602176
2000	802	155	124464.1243	643204
			909193.3566	**4789468**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **909193.3566**
K= 21
X'= 415.8095238
Y'= 77.59608745 **MODULO ELASTICO: 199.9 Gpa**
SX^2= **4789468**
X'^2= 172897.5601
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.199914099 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.1999x - 5.5301
R2 = 0.9988
PIEZA : No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G9B-3-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICIÓN:BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ESTANDAR. ASTM E-8
VEL DEL ENSAYO 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.192831604 $in.^2$ 124.4072 $mm.^2$

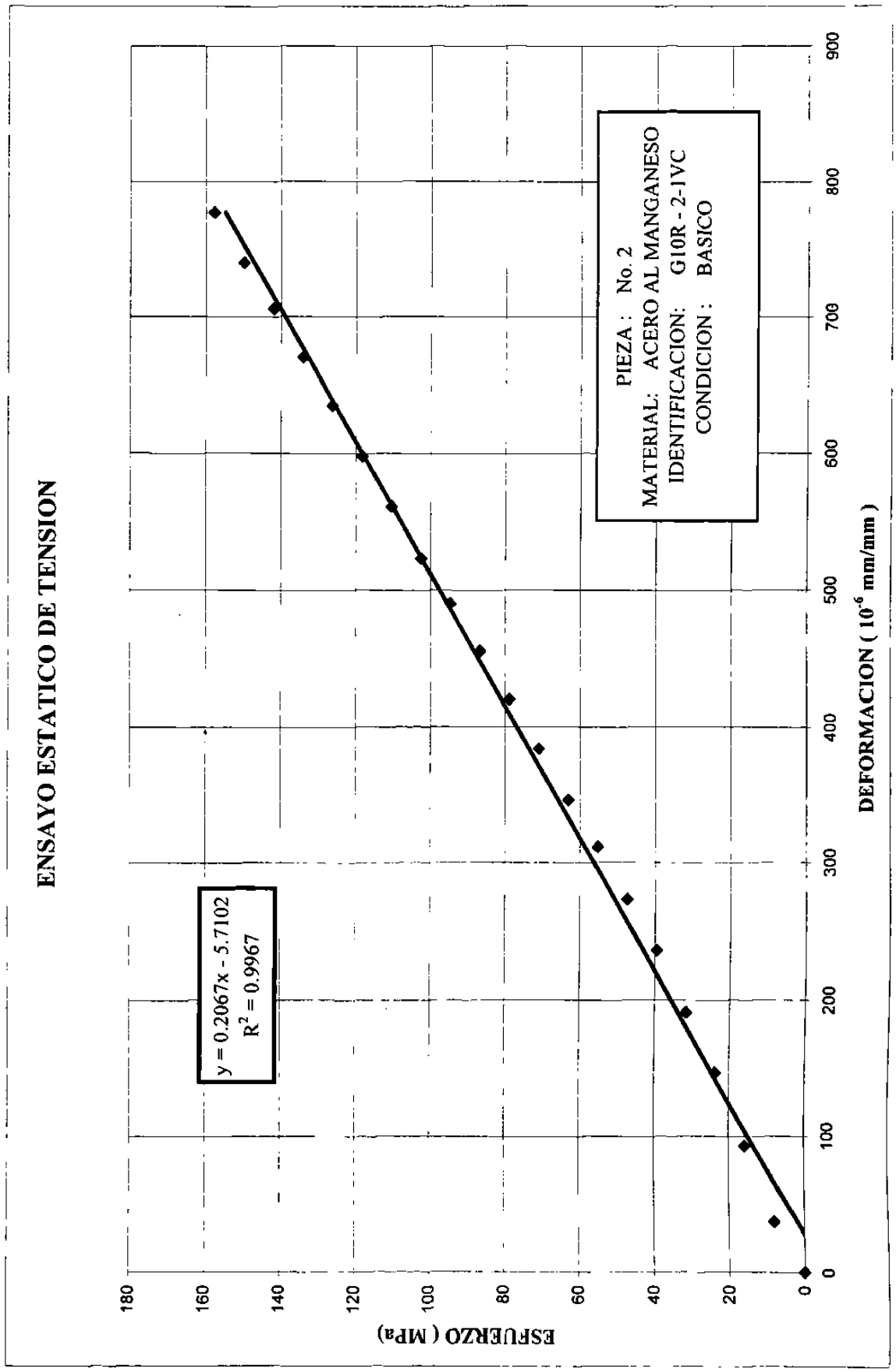
carga	X deformacion unitaria	Y esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	37	8	291.7596409	1369
200	93	16	1466.6836	8649
300	147	24	3477.459504	21609
400	191	32	6024.442315	36481
500	236	39	9304.766927	55696
600	273	47	12916.27816	74529
700	311	55	17166.50644	96721
800	346	63	21826.7753	119716
900	384	71	27251.92754	147456
1000	420	79	33118.66194	176400
1100	455	87	39466.40548	207025
1200	490	95	46366.12672	240100
1300	523	103	53612.80537	273529
1400	561	110	61931.89783	314721
1500	598	118	70731.99943	357604
1600	635	126	80115.62032	403225
1700	670	134	89814.65703	448900
1800	706	142	100207.6086	498436
1900	740	150	110868.6636	547600
2000	777	158	122539.0492	603729
			908500.0948	**4633495**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE YOUNG

SXY=	**908500.0948**
K=	21
X'=	409.1904762
Y'=	78.85395701
SX^2=	**4633495**
X'^2=	167436.8458

MODULO ELASTICO : 206.6 Mpa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.20666218** MPa


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2067x - 5.7102
R2 = 0.9967
PIEZA : No. 2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACION: G10R - 2-1VC
CONDICION : BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICIÓN:BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ESTANDAR. ASTM E-8
VEL DEL ENSAYO 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.192831604 $in.^2$ 124.4072 $mm.^2$

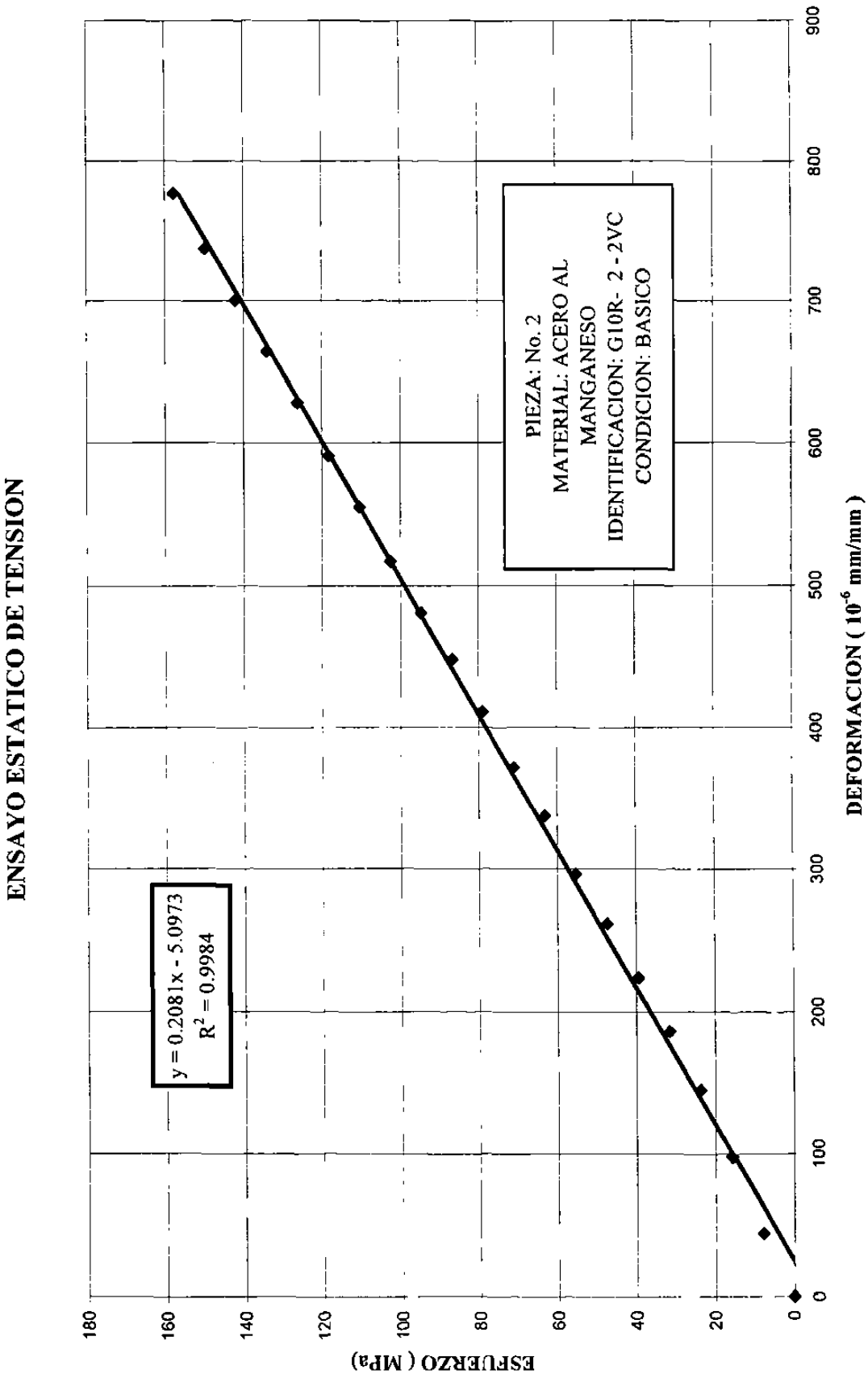
carga kg.	X deformacion unitaria mm/mm	Y esfuerzo MPa	XY	X^2
0	0	0	0	0
100	44	8	346.9574108	1936
200	98	16	1545.537557	9604
300	145	24	3430.14713	21025
400	186	32	5866.734401	34596
500	224	39	8831.643185	50176
600	262	47	12395.84204	68644
700	296	55	16338.53989	87616
800	337	63	21259.02681	113569
900	372	71	26400.30481	138384
1000	411	79	32408.97633	168921
1100	448	87	38859.23001	200704
1200	481	95	45514.50398	231361
1300	517	103	52997.7445	267289
1400	555	110	61269.52459	308025
1500	591	118	69904.03289	349281
1600	628	126	79232.456	394384
1700	664	134	89010.34667	440896
1800	700	142	99355.98583	490000
1900	737	150	110419.196	543169
2000	776	158	122381.3413	602176

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE YOUNG

SXY= **897768.0713**
K= 21
X´= 403.4285714
Y´= 78.85395701
SX^2= **4521756**
X'^2= 162754.6122

MODULO ELASTICO : 208.09 MPa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX^2)$ **0.208094433**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2081x - 5.0973
R2 = 0.9984
PIEZA: No. 2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACION: G10R- 2 - 2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

BITACORA DEL ENSAYO

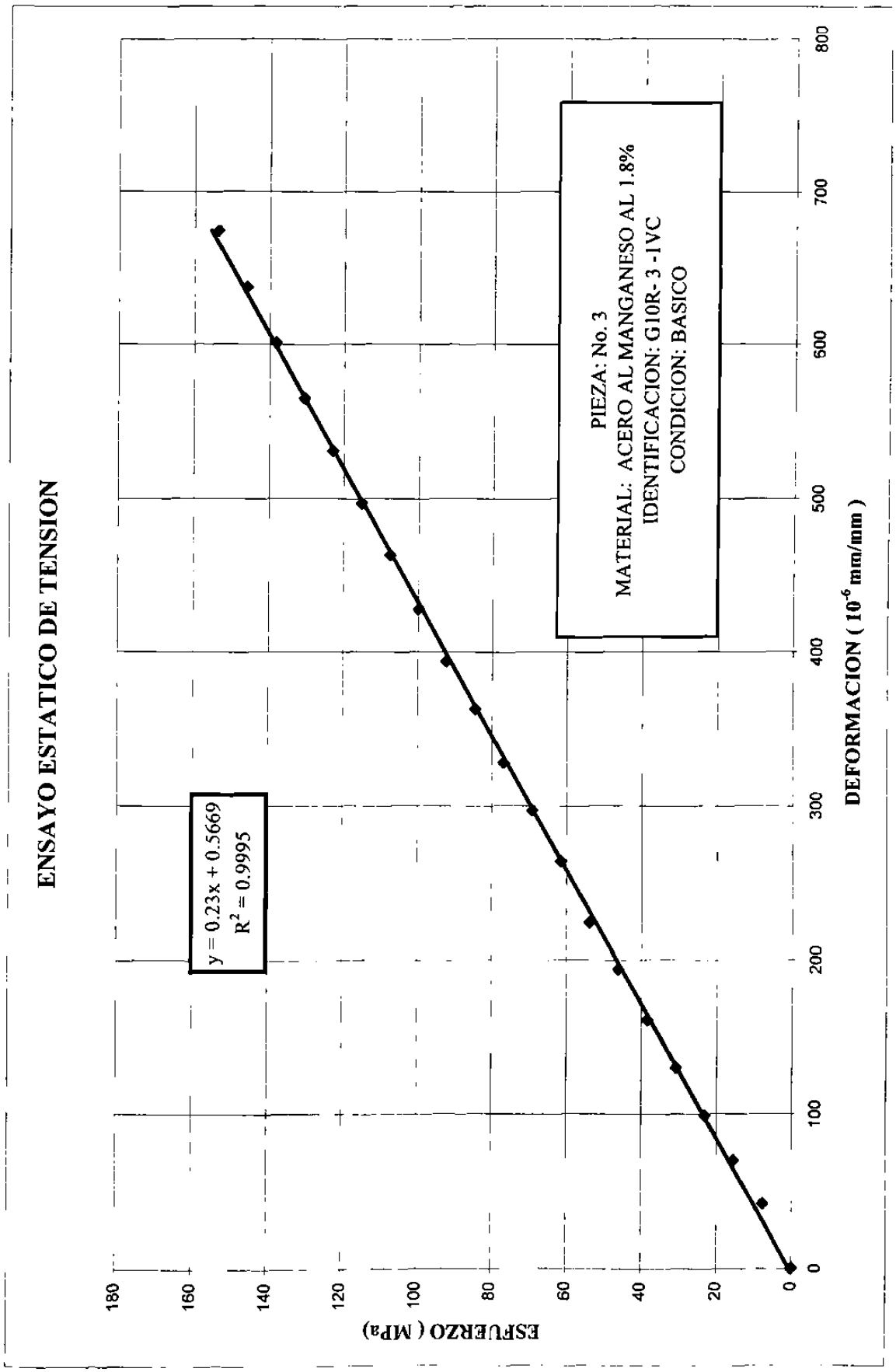
PIEZA No. 3 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDAR. ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.197923942 $in.^2$ 127.6926 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	42	8	322.6655264	1764
200	70	15	1075.551755	4900
300	99	23	2281.706223	9801
400	130	31	3994.906518	16900
500	161	38	6184.42259	25921
600	194	46	8942.44459	37636
700	224	54	12046.17965	50176
800	264	61	16225.46647	69696
900	297	69	20535.356	88209
1000	328	77	25198.64111	107584
1100	363	85	30676.27255	131769
1200	394	92	36322.91926	155236
1300	428	100	42745.49974	183184
1400	463	108	49798.04625	214369
1500	497	115	57273.13094	247009
1600	531	123	65270.62649	281961
1700	565	131	73790.53289	319225
1800	601	138	83109.42059	361201
1900	637	146	92981.4492	405769
2000	674	154	103560.269	454276
			732335.5073	**3166586**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **732335.5073**
K= 21
X´= 331.5238095
Y´= 76.82512534 **MODULO ELASTICO : 230 MPa.**
SX^2= **3166586**
X'^2= 109908.0363

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.230023319** MPa


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.23x + 0.5669
R2 = 0.9995
PIEZA: No. 3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.8%
IDENTIFICACION: G10R- 3 -1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 1/18/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICIÓN: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.197923942 $in.^2$ 127.6926 $mm.^2$

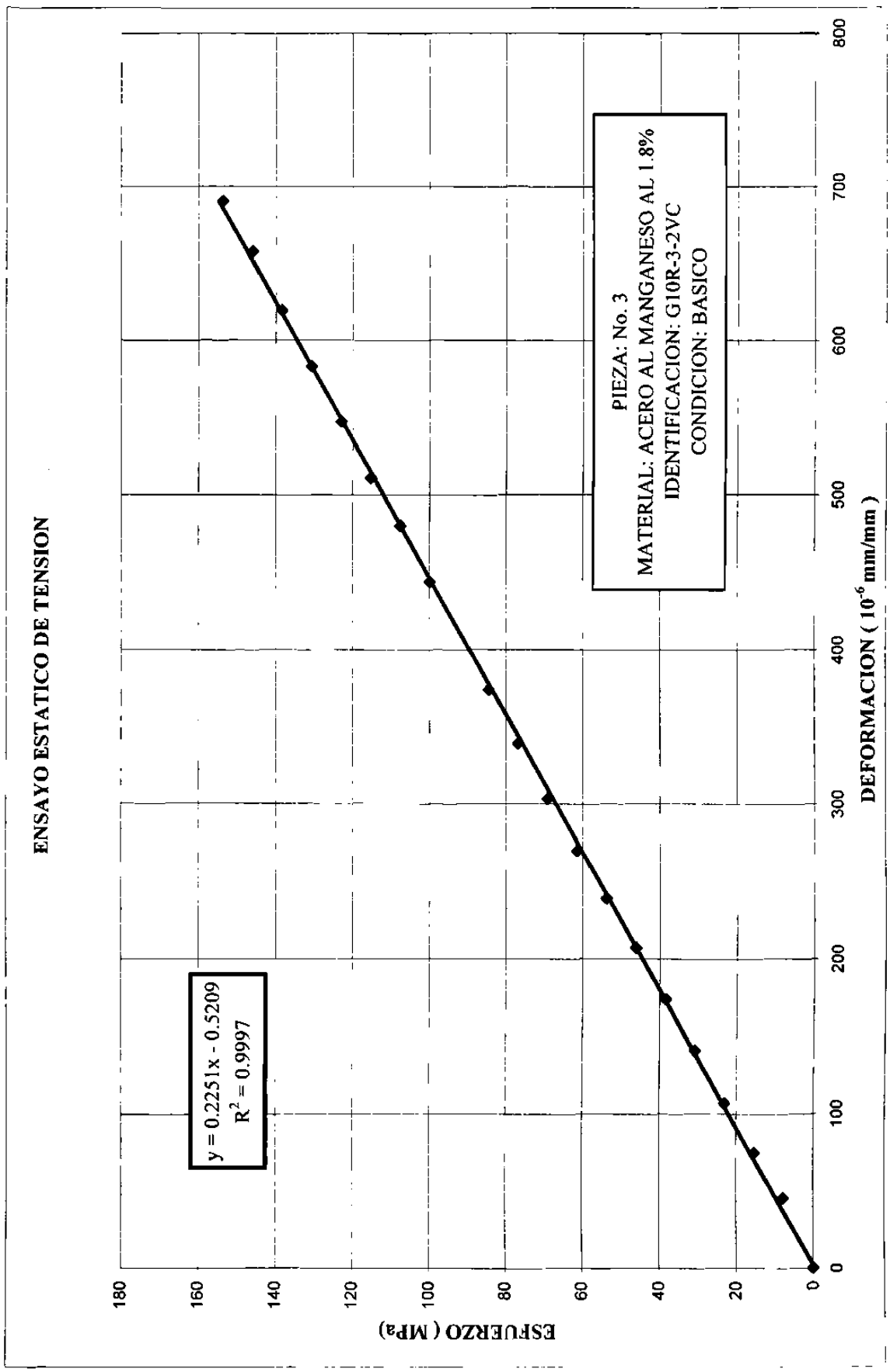
Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	45	8	345.713064	2025
200	75	15	1152.37688	5625
300	107	23	2466.086523	11449
400	141	31	4332.937069	19881
500	174	38	6683.785905	30276
600	207	46	9541.680567	42849
700	239	54	12852.84347	57121
800	270	61	16594.22707	72900
900	303	69	20950.21168	91809
1000	339	77	26043.71749	114921
1100	374	85	31605.85656	139876
1300	444	100	44343.46235	197136
1400	480	108	51626.48423	230400
1500	511	115	58886.45857	261121
1600	547	123	67237.3497	299209
1700	583	131	76141.38172	339889
1800	619	138	85598.55465	383161
1900	657	146	95900.80396	431649
2000	690	154	106018.673	476100
			718322.6044	**3207397**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG).

SXY= **718322.6044**
K= 21
X´= 324.047619
Y´= 72.43511818
SX^2= **3207397**
X'^2= 105006.8594

MODULO ELASTICO: 224.70 MPa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.224894948 MPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2251x - 0.5209
R2 = 0.9997
PIEZA: No. 3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.8%
IDENTIFICACION: G10R-3-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

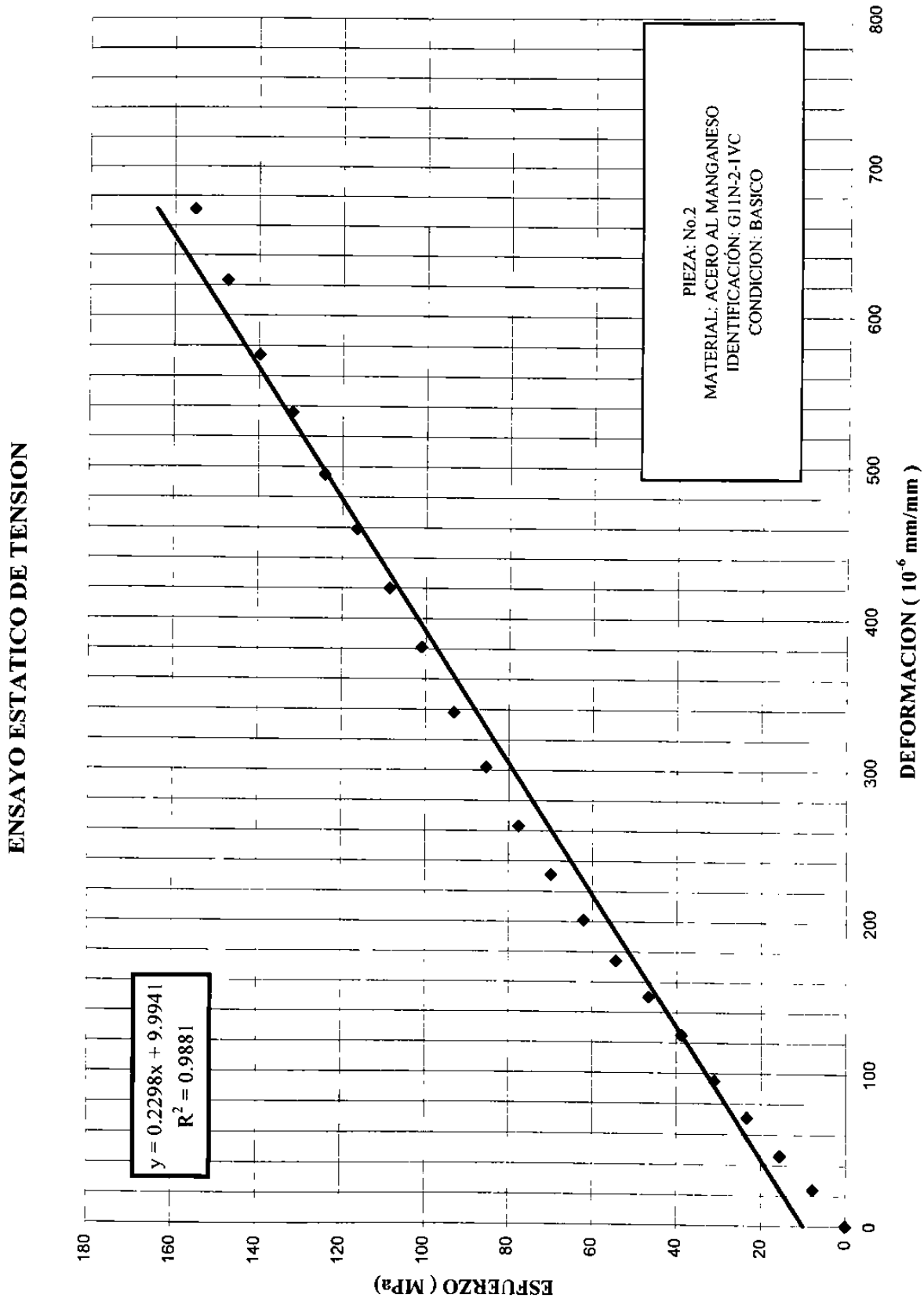
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	2	FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR:	VERTICAL
IDENTIFICACION :	G11 NEGRO		
CONDICION:	BASICO		
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.677 %		
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION		
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	
VEL DEL ENSAYO :	1.5	mm/min.	
AREA:	0.195957496	$in.^2$	126.4239 $mm.^2$

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	24	8	186.2306099	576
200	46	16	713.8840045	2116
300	71	23	1652.796663	5041
400	95	31	2948.651323	9025
500	125	39	4849.755466	15625
600	150	47	6983.64787	22500
700	174	54	9451.203451	30276
800	201	62	12477.45086	40401
900	231	70	16132.22658	53361
1000	263	78	20407.771	69169
1100	302	85	25777.42025	91204
1200	338	93	31472.97307	114244
1300	381	101	38433.34211	145161
1400	420	109	45626.49942	176400
1500	459	116	53424.90621	210681
1600	495	124	61456.10126	245025
1700	536	132	70705.55488	287296
1800	574	140	80172.27755	329476
1900	623	147	91850.48871	388129
2000	671	155	104133.9494	450241
			678857.1307	**2685947**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**678857.1307**	
K=	21	
X'=	294.2380952	
Y'=	77.59608745	**MODULO ELASTICO: 229.7 Gpa**
SX^2=	**2685947**	
X'^2=	86576.05669	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.22975278 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2298x + 9.9941
R2 = 0.9881
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G11N-2-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

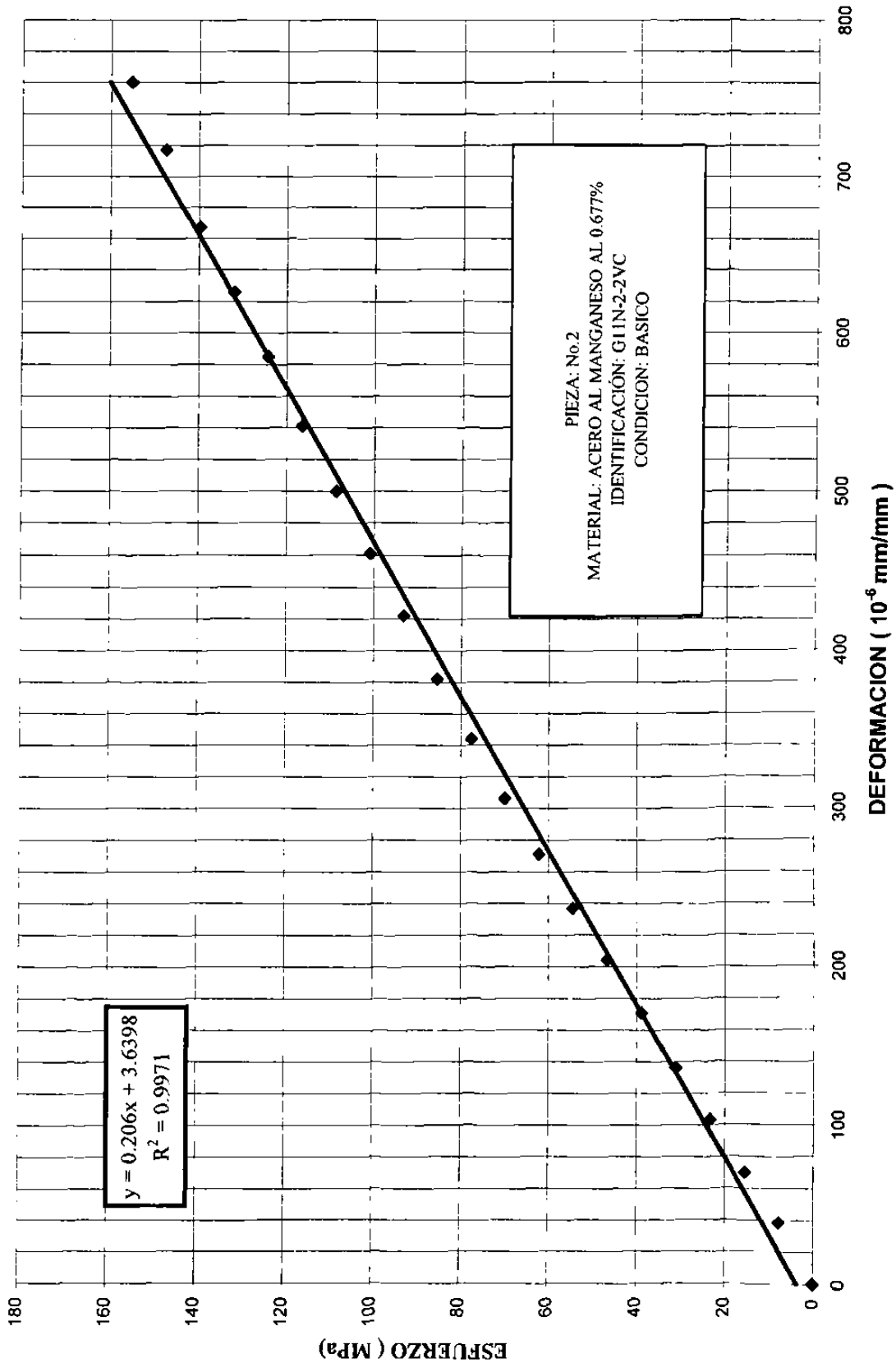
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	2		FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	2	MEDIDOR:	VERTICAL	
IDENTIFICACION :	G11 NEGRO			
CONDICION:	BASICO			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.677 %			
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.		
VEL DEL ENSAYO :	1.5	mm/min.		
AREA:	0.195957496	$in.^2$	126.4239	$mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	38	8	294.8651323	1444
200	70	16	1086.345224	4900
300	103	23	2397.719102	10609
400	136	31	4221.227157	18496
500	171	39	6634.465477	29241
600	204	47	9497.761104	41616
700	237	54	12873.19091	56169
800	271	62	16822.83176	73441
900	306	70	21369.96248	93636
1000	344	78	26693.05408	118336
1100	382	85	32605.87595	145924
1200	422	93	39294.65868	178084
1300	461	101	46503.33521	212521
1400	500	109	54317.26121	250000
1500	541	116	62969.22496	292681
1600	585	124	72629.93785	342225
1700	626	132	82577.75626	391876
1800	667	140	93161.86259	444889
1900	717	147	105709.1499	514089
2000	760	155	117946.0529	577600
			809606.538	**3797777**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**809606.538**	
K=	21	
X'=	359.0952381	**MODULO ELASTICO: 205.9 GPa**
Y'=	77.59608745	
SX^2=	**3797777**	
X'^2=	128949.39	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.205951774 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.206x + 3.6398
R2 = 0.9971
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.677%
IDENTIFICACIÓN: G11N-2-2VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

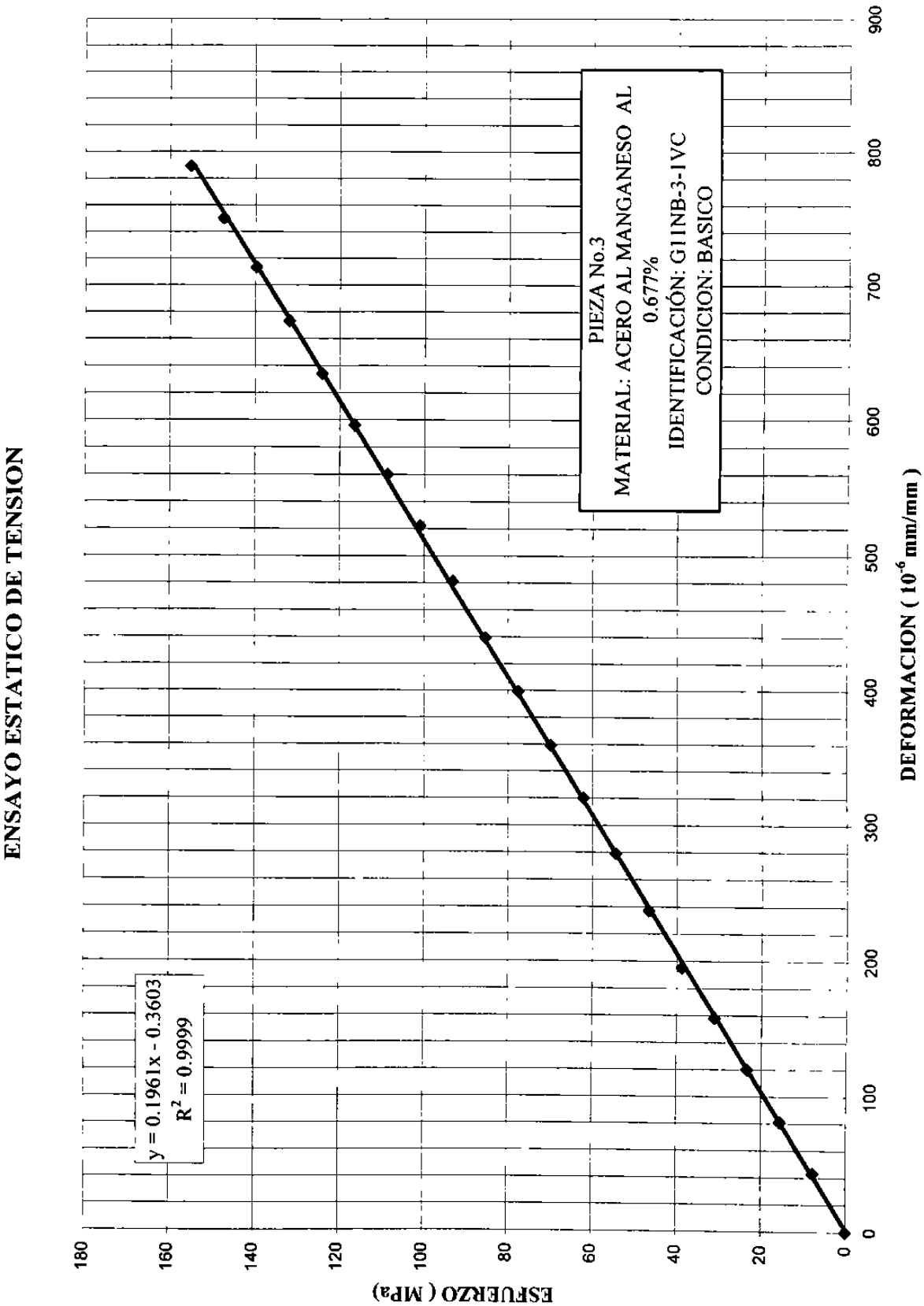
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	3		FECHA : 1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR: VERTICAL	
IDENTIFICACION :	G11 NEGRO		
CONDICION:	BASICO		
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.677 %		
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION		
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	
VEL DEL ENSAYO :	1.5	mm/min.	
AREA:	0.195957496 in.^{2}		126.4239 mm.^{2}

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	43	8	333.663176	1849
200	81	16	1257.056617	6561
300	120	23	2793.459148	14400
400	158	31	4904.072727	24964
500	195	39	7565.618526	38025
600	237	47	11034.16364	56169
700	279	54	15154.51588	77841
800	320	62	19864.59839	102400
900	359	70	25071.29585	128881
1000	399	78	30960.83889	159201
1100	439	85	37471.15063	192721
1200	481	93	44788.46168	231361
1300	522	101	52656.70494	272484
1400	560	109	60835.33256	313600
1500	596	116	69370.90218	355216
1600	634	124	78713.47111	401956
1700	673	132	88777.68365	452929
1800	713	140	99586.81863	508369
1900	750	147	110574.4246	562500
2000	789	155	122446.626	622521
			884160.8588	**4523948**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DEELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**884160.8588**	
K=	21	
X'=	397.5238095	**MODULO ELASTICO: 196.1 Gpa**
Y'=	77.59608745	
SX^2=	**4523948**	
X'^2=	158025.1791	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.196104984 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.1961x - 0.3603
R2 = 0.9999
PIEZA No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.677%
IDENTIFICACIÓN: G11NB-3-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

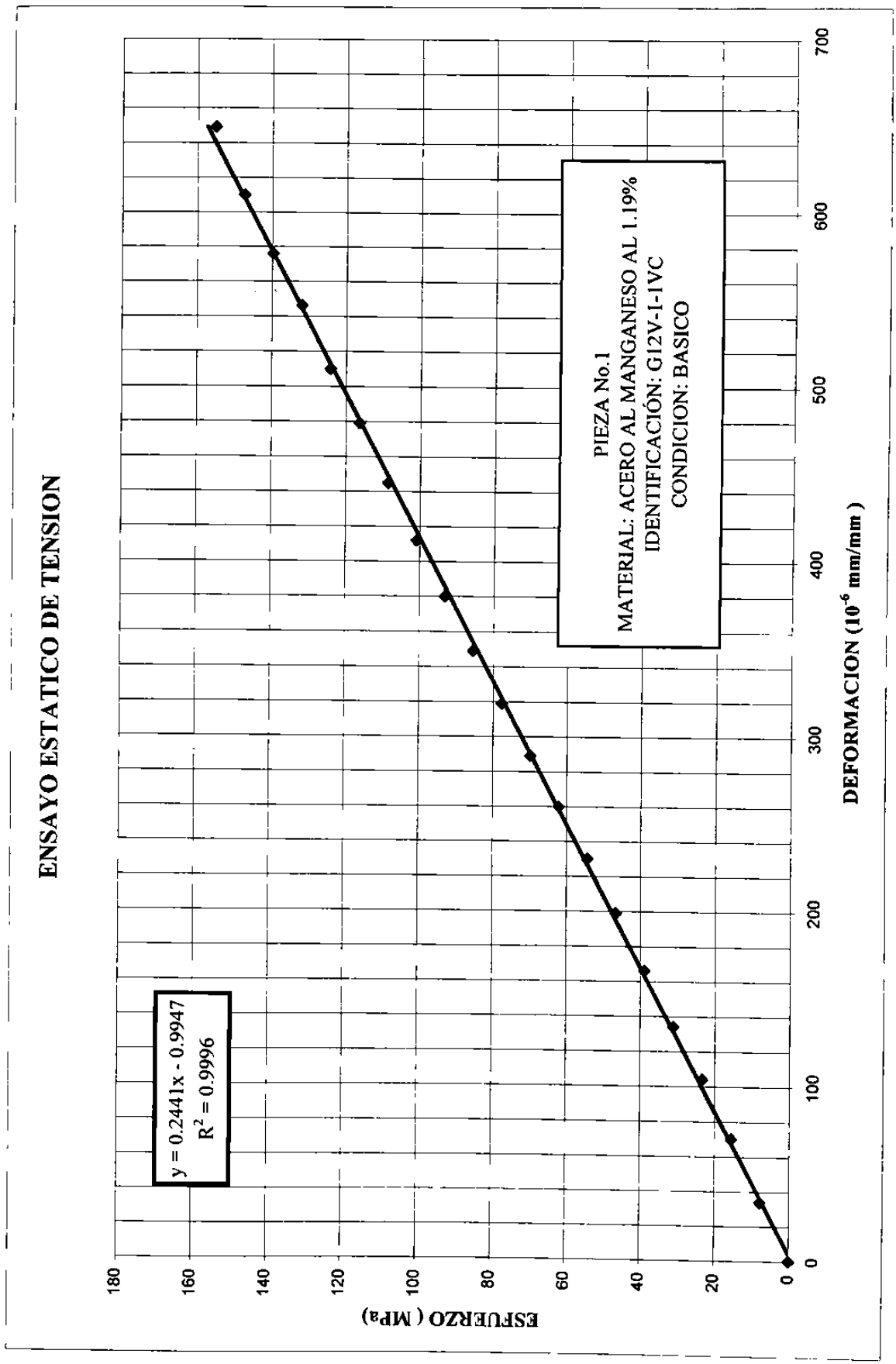
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	1		FECHA :	2/22/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR: VERTICAL		
IDENTIFICACION :	G12VERDE			
CONDICION:	BASICO			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 1.19 %			
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	VEL DEL ENSAYO :1.5	mm/min.
AREA:	0.19635	$in.^2$	126.6772	$mm.^2$

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	34	8	263.8266973	1156
200	70	16	1086.345224	4900
300	104	23	2420.997928	10816
400	134	31	4159.150287	17956
500	166	39	6440.475258	27556
600	199	47	9264.972841	39601
700	230	54	12492.97008	52900
800	260	62	16139.98619	67600
900	289	70	20182.74235	83521
1000	319	78	24753.1519	101761
1100	349	85	29789.13797	121801
1200	380	93	35383.81588	144400
1300	412	101	41560.46444	169744
1400	445	109	48342.36248	198025
1500	479	116	55752.78883	229441
1600	510	124	63318.40736	260100
1700	546	132	72024.68837	298116
1800	576	140	80451.62347	331776
1900	610	147	89933.86535	372100
2000	649	155	100719.7215	421201
			714481.4944	**2954471**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DEELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**714481.4944**	
K=	21	
X´=	321.952381	
Y´=	77.59608745	**MODULO ELASTICO: 244.1 GPa**
SX^2=	**2954471**	
X'^2=	103653.3356	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.244106866 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10^{-6} mm/mm)
y = 0.2441x - 0.9947
R^2 = 0.9996
PIEZA No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.19%
IDENTIFICACIÓN: G12V-1-1VC
CONDICION: BASICO
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700

BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 2/22/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G12VERDE
CONDICION: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.19 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

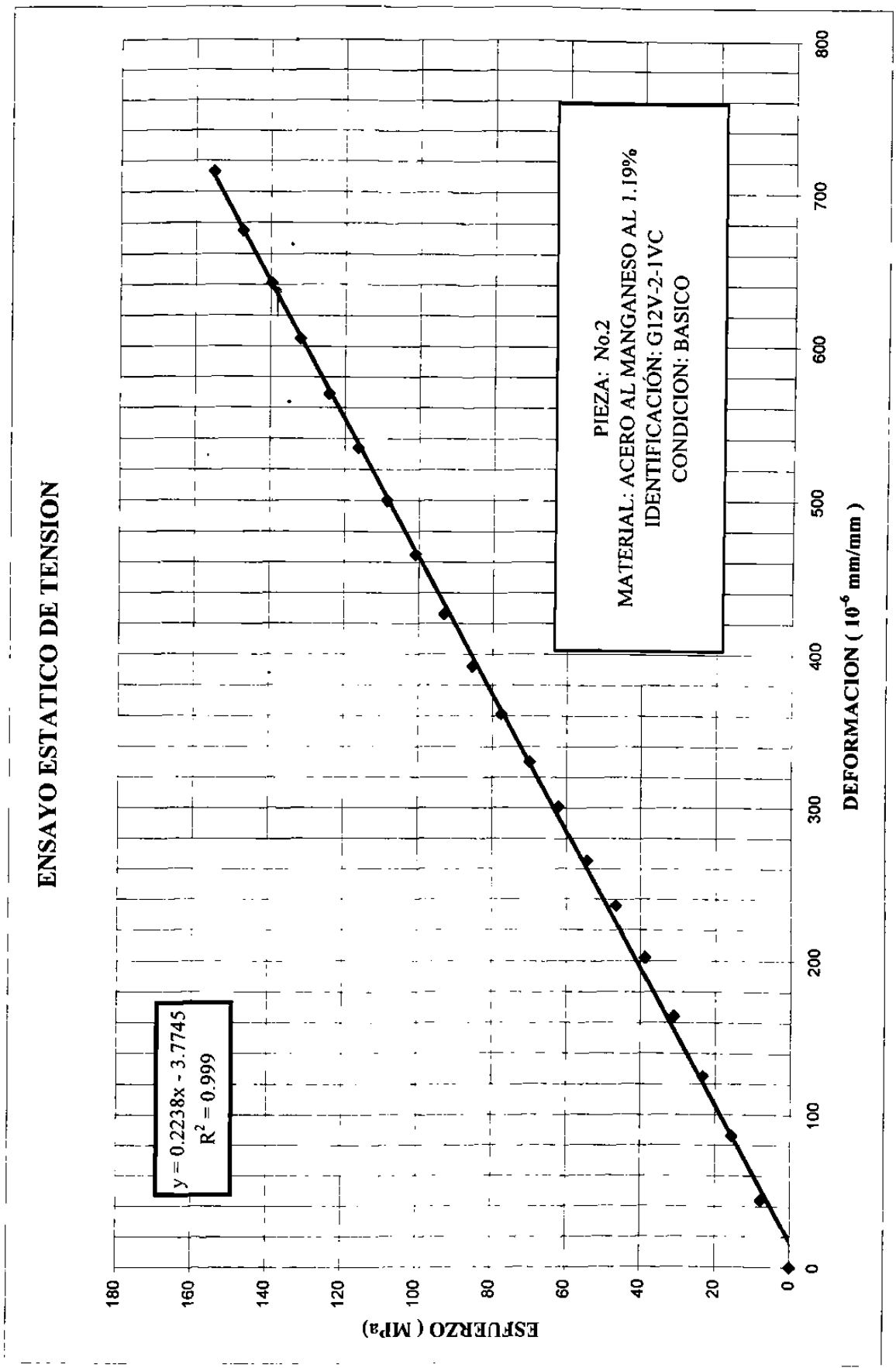
	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	44	8	341.4227848	1936
200	86	16	1334.652704	7396
300	125	23	2909.853279	15625
400	164	31	5090.303337	26896
500	202	39	7837.204832	40804
600	236	47	10987.60598	55696
700	265	54	14394.07422	70225
800	301	62	18685.13786	90601
900	330	70	23046.03797	108900
1000	361	78	28012.18757	130321
1100	392	85	33459.43291	153664
1200	426	93	39667.1199	181476
1300	465	101	46906.83486	216225
1400	500	109	54317.26121	250000
1500	534	116	62154.46605	285156
1600	569	124	70643.47801	323761
1700	605	132	79807.57594	366025
1800	641	140	89530.3657	410881
1900	675	147	99516.98215	455625
2000	713	155	110652.0207	508369
			799294.018	**3699582**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **799294.018**
K= 21
X'= 363.5238095
Y'= 77.59608745
SX^2= **3699582**
X'^2= 132149.5601

MODULO ELASTICO: 223.8 GPa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.223838442 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.19%
IDENTIFICACIÓN: G12V-2-1VC
CONDICION: BASICO
y = 0.2238x - 3.7745
R2 = 0.999
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

BITACORA DEL ENSAYO

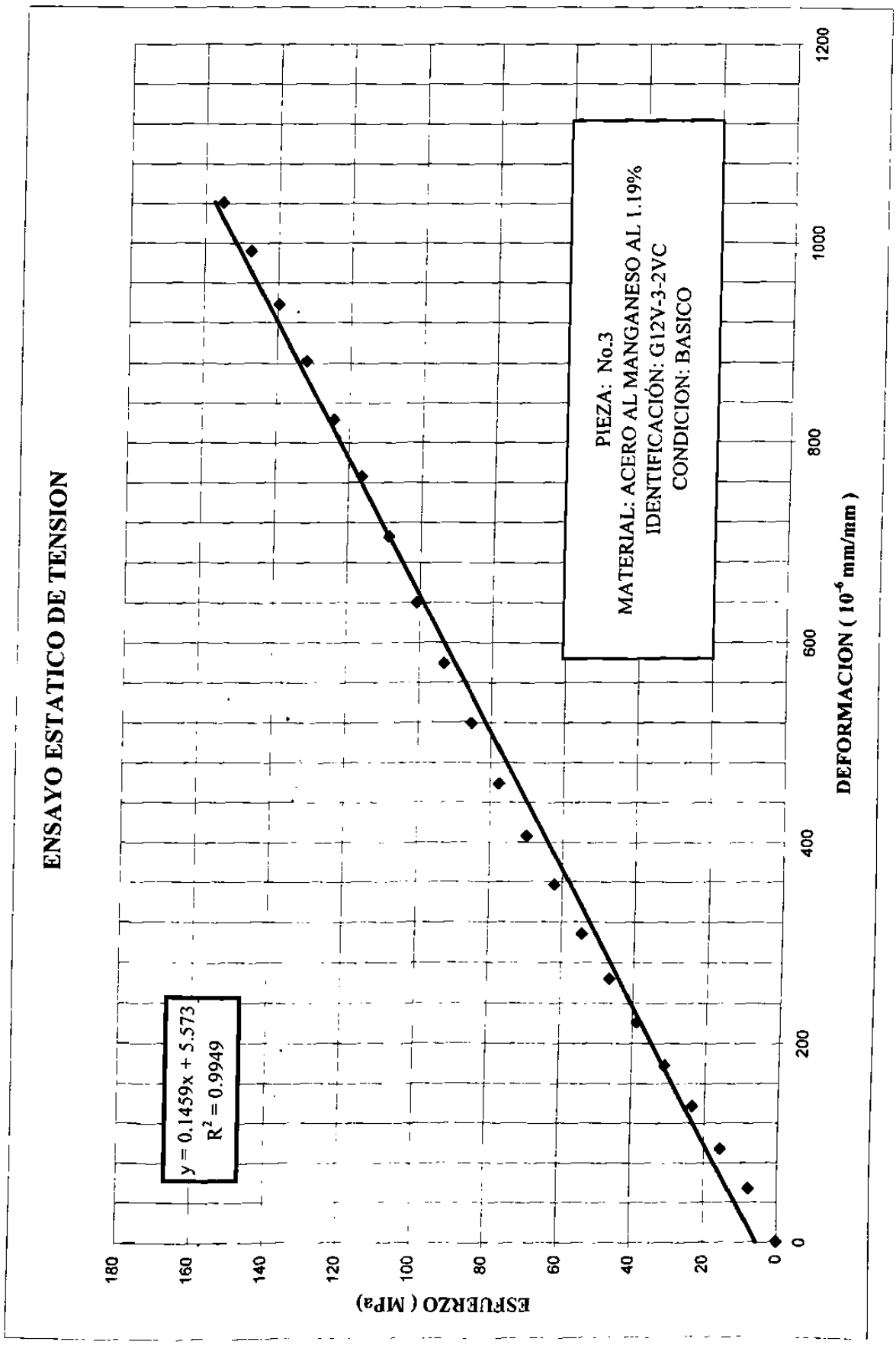
PIEZA No. 3 FECHA : 2/22/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G12VERDE
CONDICION: BASICO
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.19 %
ENSAYO: ESTSTICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	54	8	419.0188722	2916
200	94	16	1458.806444	8836
300	137	23	3189.199194	18769
400	178	31	5524.841426	31684
500	221	39	8574.367663	48841
600	264	47	12291.22025	69696
700	308	54	16729.71645	94864
800	357	62	22161.44258	127449
900	406	70	28353.61035	164836
1000	459	78	35616.60414	210681
1100	519	85	44299.60632	269361
1200	579	93	53913.76156	335241
1300	640	101	64559.94476	409600
1400	706	109	76695.97283	498436
1500	766	116	89157.90448	586756
1600	823	124	102178.528	677329
1700	882	132	116347.5735	777924
1800	938	140	131013.234	879844
1900	992	147	146253.1056	984064
2000	1041	155	161555.0541	1083681
			1120293.513	**7280808**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **1120293.513**
K= 21
X'= 493.5238095
Y'= 77.59608745 **MODULO ELASTICO: 145.9 GPa**
SX^2= **7280808**
X'^2= 243565.7506

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.145936418 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.19%
IDENTIFICACIÓN: G12V-3-2VC
CONDICION: BASICO
y = 0.1459x + 5.573
R² = 0.9949
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10⁻⁶ mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
200
400
600
800
1000
1200

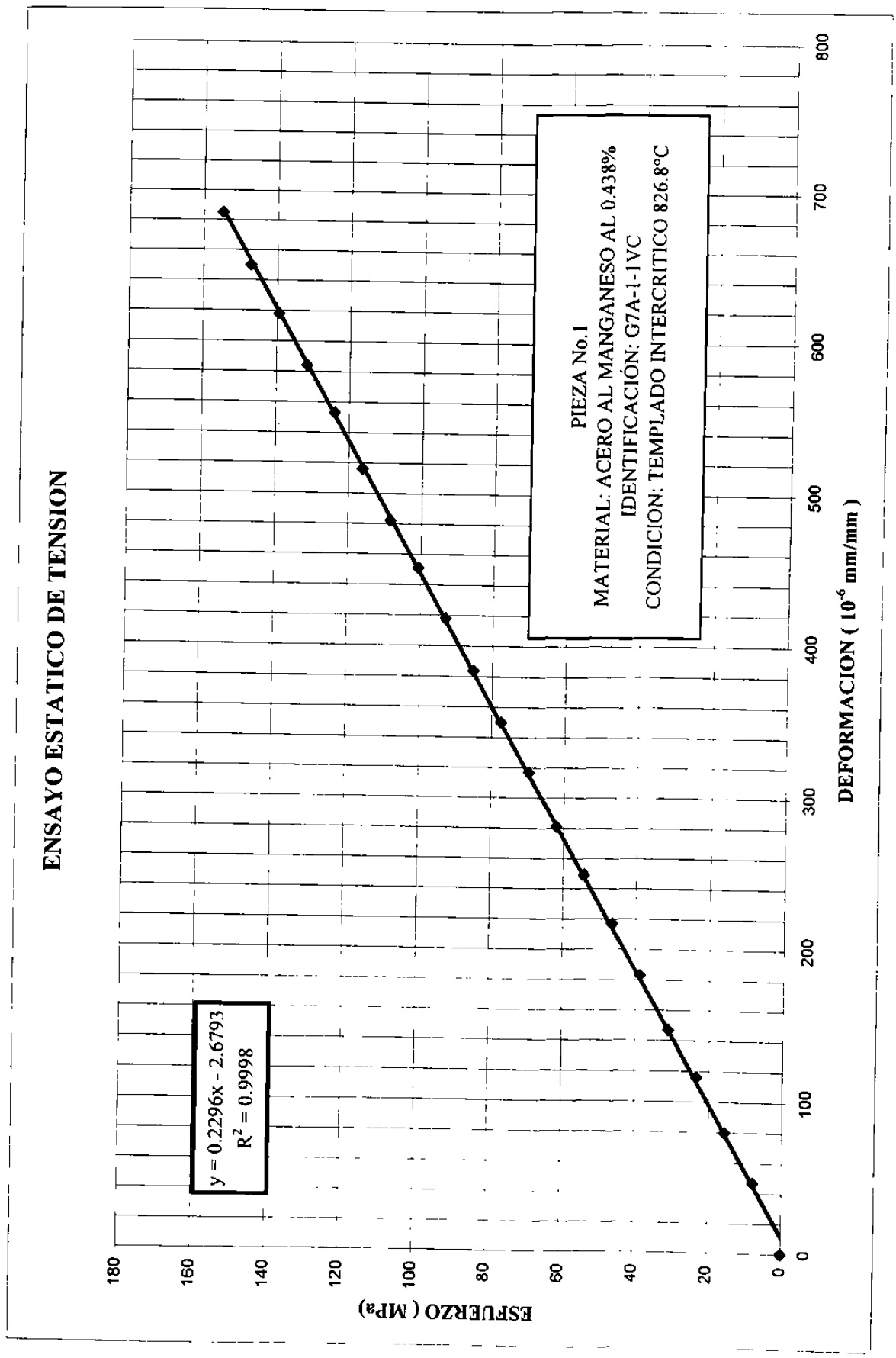
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	1			FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR:	VERTICAL		
IDENTIFICACION :	G7 AMARILLO				
CONDICION:	TEMPLADO INTERCRITICO 826.8°C				
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %				
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION				
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143		
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	VEL DEL ENSAYO :	1.5	mm/min.
AREA:	0.19635	in.^{2}	126.6772	mm.^{2}	

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	47	8	363.9723644	2209
200	80	15	1239.054858	6400
300	116	23	2694.944315	13456
400	147	31	4553.526601	21609
500	183	39	7085.844967	33489
600	217	46	10082.8089	47089
700	249	54	13497.95385	62001
800	281	62	17408.72075	78961
900	317	70	22093.89693	100489
1000	350	77	27104.32501	122500
1100	384	85	32711.04824	147456
1200	418	93	38844.36978	174724
1300	451	101	45403.61644	203401
1400	482	108	52257.13862	232324
1500	516	116	59939.27873	266256
1600	553	124	68519.73362	305809
1700	584	132	76883.35391	341056
1800	618	139	86145.28897	381924
1900	650	147	95639.54682	422500
2000	685	155	106094.0722	469225
			768562.4959	**3432878**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**768562.4959**	
K=	21	
X'=	348.952381	
Y'=	77.4409286	**MODULO ELASTICO : 229.6 GPa**
SX2=	**3432878**	
X'^2=	121767.7642	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.229602323 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
PIEZA No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.438%
IDENTIFICACIÓN: G7A-1-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 826.8°C
y = 0.2296x - 2.6793
R2 = 0.9998
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

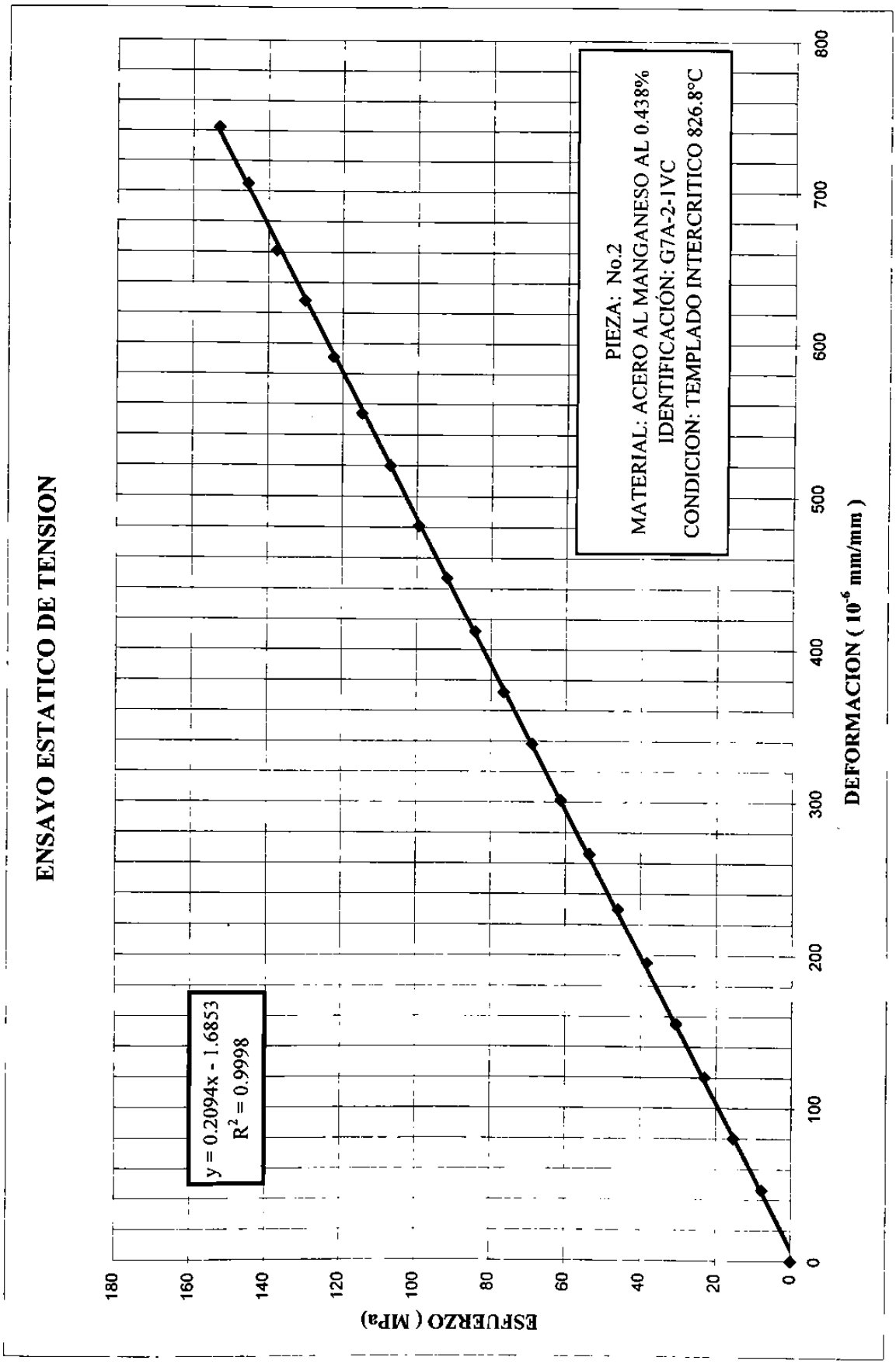
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	2	FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR:	VERTICAL
IDENTIFICACION :	G7 AMARILLO		
CONDICION:	TEMPLADO INTERCRITICO 826.8°C		
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %		
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION		
ESTANDARES:	ASTM E-8 E-111 E-143		
VEL DEL ENSAYO :	0.2 mm/min.	VEL DEL ENSAYO :	1.5 mm/min.
AREA:	0.198713269 $in.^2$	128.2019 $mm.^2$	

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	46	8	351.9916632	2116
200	80	15	1224.318828	6400
300	120	23	2754.717364	14400
400	155	31	4744.23546	24025
500	195	38	7460.69286	38025
600	230	46	10559.74989	52900
700	266	54	14248.01036	70756
800	301	61	18425.99837	90601
900	338	69	23277.36172	114244
1000	372	77	28465.41276	138384
1100	412	84	34678.83081	169744
1200	447	92	41045.28872	199809
1300	481	99	47847.91021	231361
1400	520	107	55706.50669	270400
1500	554	115	63588.05915	306916
1600	591	122	72357.24276	349281
1700	628	130	81692.67382	394384
1800	661	138	91043.40887	436921
1900	705	145	102498.4419	497025
2000	742	153	113555.5713	550564
			815526.4236	**3958256**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**815526.4236**	
K=	21	
X´=	373.5238095	
Y´=	76.51992677	**MODULO ELASTICO: 209.3 Gpa**
SX^2=	**3958256**	
X'^2=	139520.0363	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.209371526 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2094x - 1.6853
R2 = 0.9998
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.438%
IDENTIFICACIÓN: G7A-2-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 826.8°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

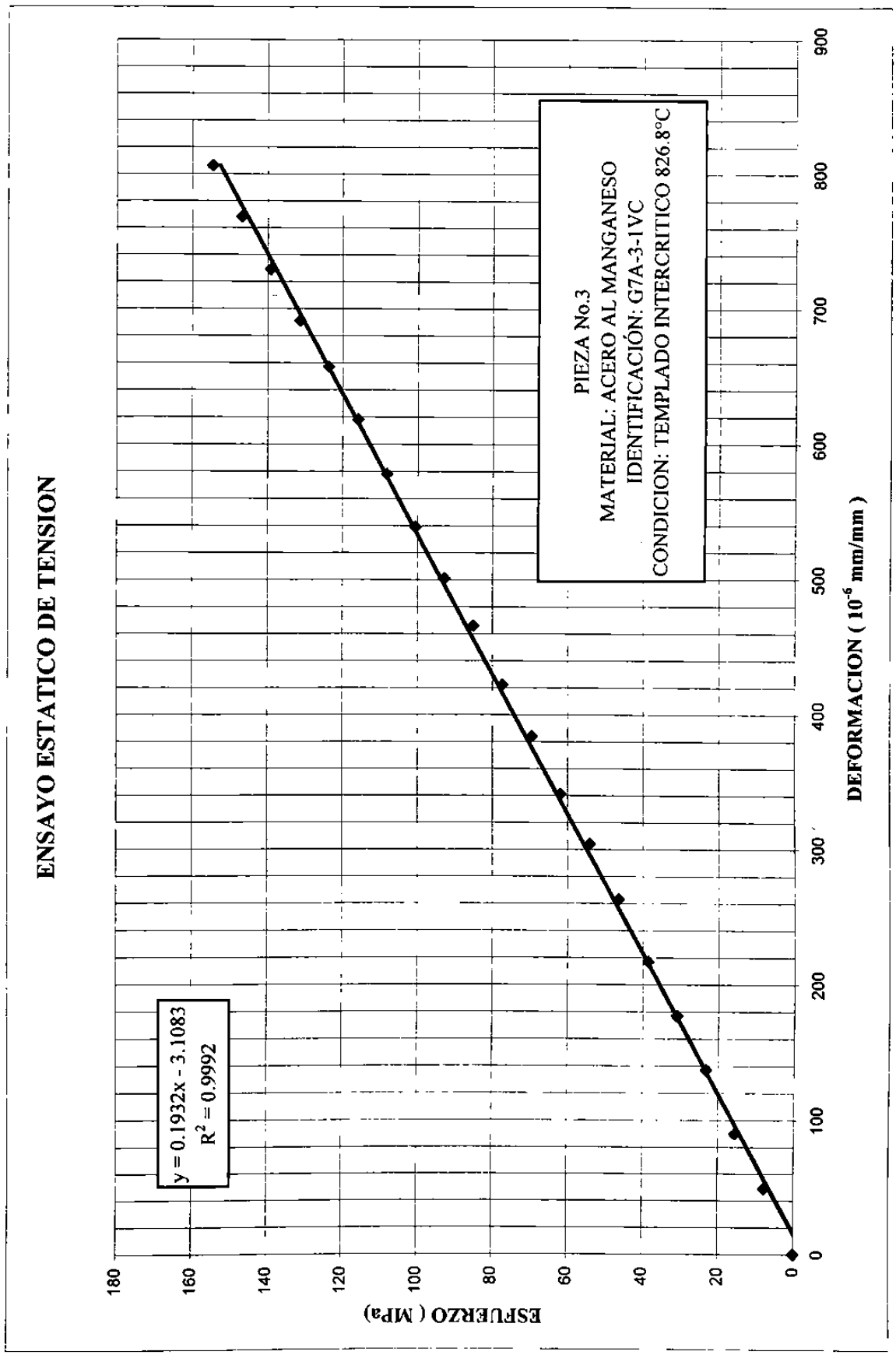
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	3		FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR: VERTICAL		
IDENTIFICACION :	G7 AMARILLO			
CONDICION:	TEMPLADO INTERCRITICO 826.8°C			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.438 %			
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO :	0.2 mm/min.		VEL DEL ENSAYO : 1.5	mm/min.
AREA:	0.196742896 $in.^2$		126.9306 $mm.^2$	

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	49	8	378.7030078	2401
200	90	15	1391.153906	8100
300	137	23	3176.468086	18769
400	177	31	5471.872031	31329
500	217	39	8385.566601	47089
600	263	46	12195.78258	69169
700	304	54	16446.53062	92416
800	341	62	21083.71031	116281
900	384	70	26710.155	147456
1000	422	77	32614.83047	178084
1100	466	85	39616.97179	217156
1200	501	93	46464.54047	251001
1300	539	100	54154.53011	290521
1400	578	108	62540.09671	334084
1500	618	116	71644.42617	381924
1600	657	124	81243.38812	431649
1700	691	131	90788.24964	477481
1800	729	139	101415.1198	531441
1900	768	147	112776.21	589824
2000	806	155	124585.5609	649636
			913083.8663	**4865811**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**913083.8663**	
K=	21	
X´=	416.047619	
Y´=	77.28632812	**MODULO ELASTICO: 193.2 GPa**
SX^2=	**4865811**	
X'^2=	173095.6213	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.193234195 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.1932x - 3.1083
R2 = 0.9992
PIEZA No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G7A-3-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 826.8°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

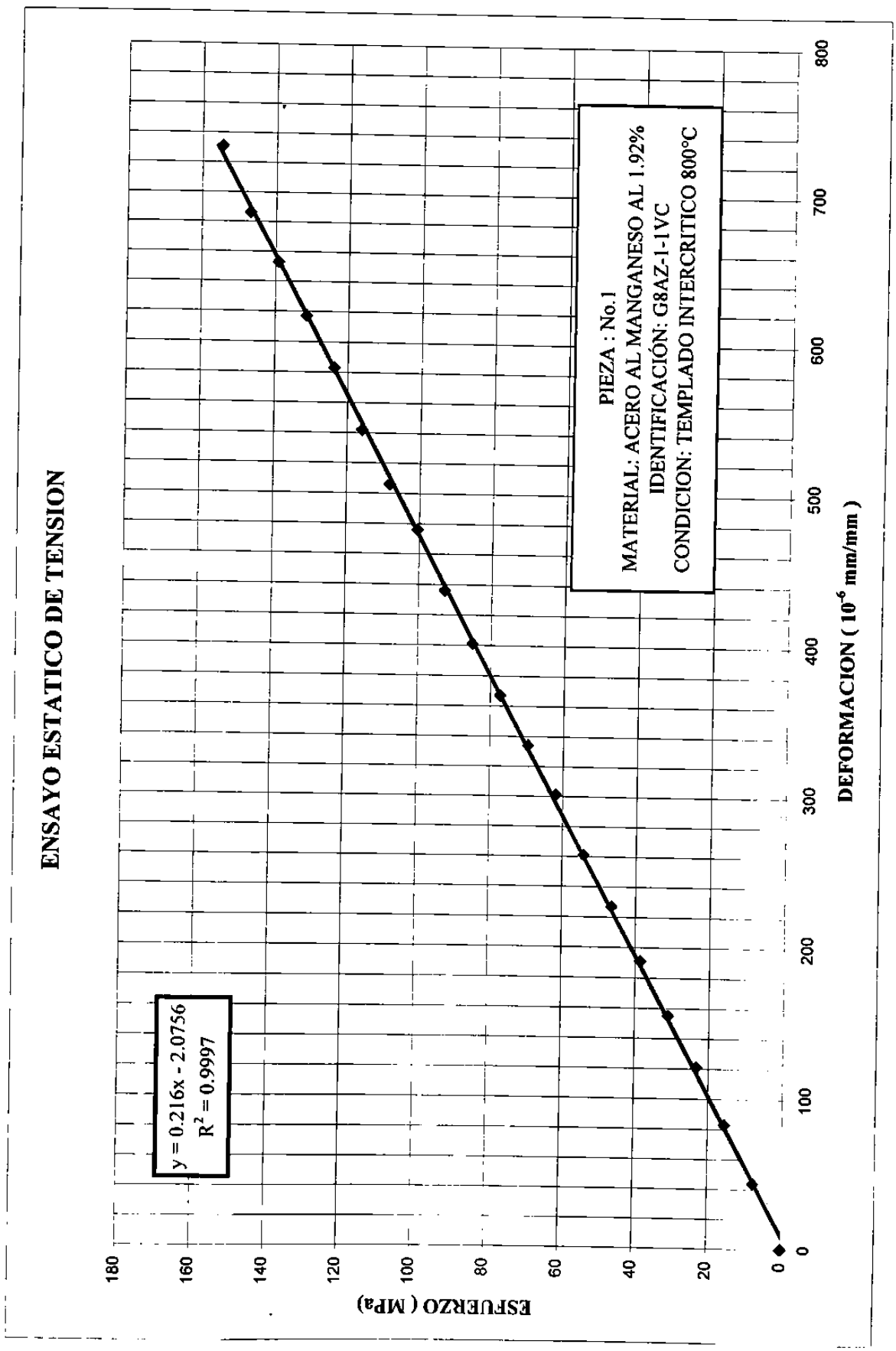
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 1/15/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G8 AZUL
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.92 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.196742896 $in.^2$ 126.9306 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	44	8	340.0598437	1936
200	83	15	1282.953047	6889
300	121	23	2805.493711	14641
400	155	31	4791.752343	24025
500	191	39	7380.844335	36481
600	227	46	10526.39789	51529
700	261	54	14120.21215	68121
800	301	62	18610.54781	90601
900	334	70	23232.27023	111556
1000	367	77	28364.08242	134689
1100	401	85	34090.99933	160801
1200	436	93	40436.20687	190096
1300	476	100	47824.77984	226576
1400	506	108	54749.63484	256036
1500	542	116	62833.78476	293764
1600	583	124	72092.68687	339889
1700	617	131	81065.629[illegible]	380689
1800	653	139	90842.350[illegible]	426409
1900	686	147	100735.0001	470596
2000	731	155	112992.6117	534361
			809118.2977	**3819685**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **809118.2977**
K= 21
X'= 367.3809524
Y'= 77.28632812 **MODULO ELASTICO: 216.0 GPa**
SX^2= **3819685**
X'^2= 134968.7642
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.216020937 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.216x - 2.0756
R2 = 0.9997
PIEZA : No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.92%
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-1-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

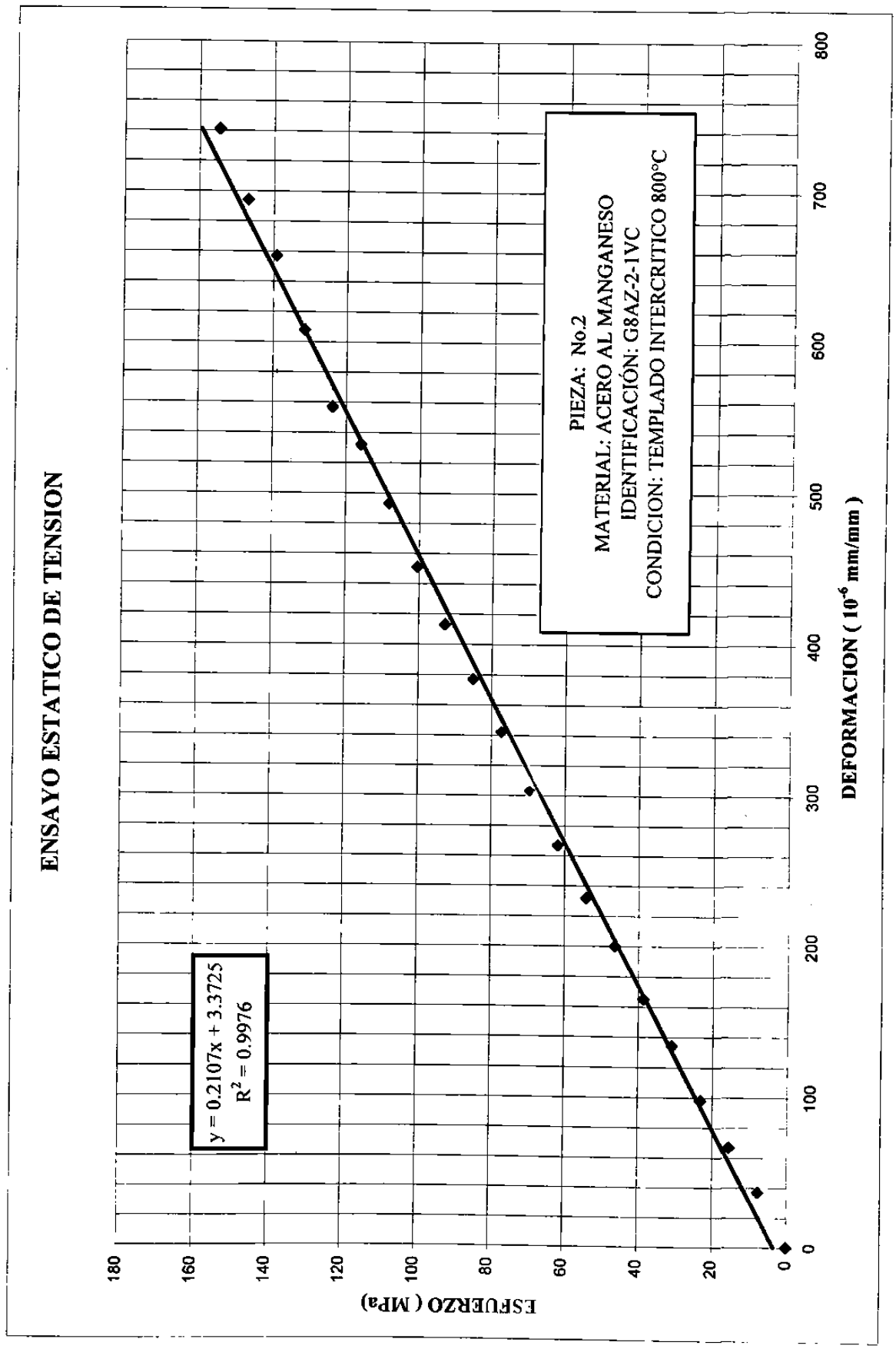
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 1/15/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G8 AZUL
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.92 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.196742896 $in.^2$ 126.9306 $mm.^2$

	X	Y	XY	X2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	37	8	285.959414	1369
200	67	15	1035.636797	4489
300	98	23	2272.218047	9604
400	134	31	4142.547187	17956
500	165	39	6376.12207	27225
600	200	46	9274.359374	40000
700	232	54	12551.29969	53824
800	267	62	16508.35969	71289
900	303	70	21075.98168	91809
1000	342	77	26431.92422	116964
1100	377	85	32050.64027	142129
1200	413	93	38303.10422	170569
1300	451	100	45312.97418	203401
1400	493	108	53343.02367	243049
1500	532	116	61674.48984	283024
1600	557	124	68877.57562	310249
1700	608	131	79883.14874	369664
1800	657	139	91398.81163	431649
1900	694	147	101909.7523	481636
2000	741	155	114538.3383	549081
			787246.2669	**3618980**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **787246.2669**
K= 21
X´= 350.8571429
Y´= 77.28632812 **MODULO ELASTICO: 210.6 GPa**
SX^2= **3618980**
X'^2= 123100.7347
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.210666472 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10⁻⁶ mm/mm)
y = 0.2107x + 3.3725
R² = 0.9976
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-2-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

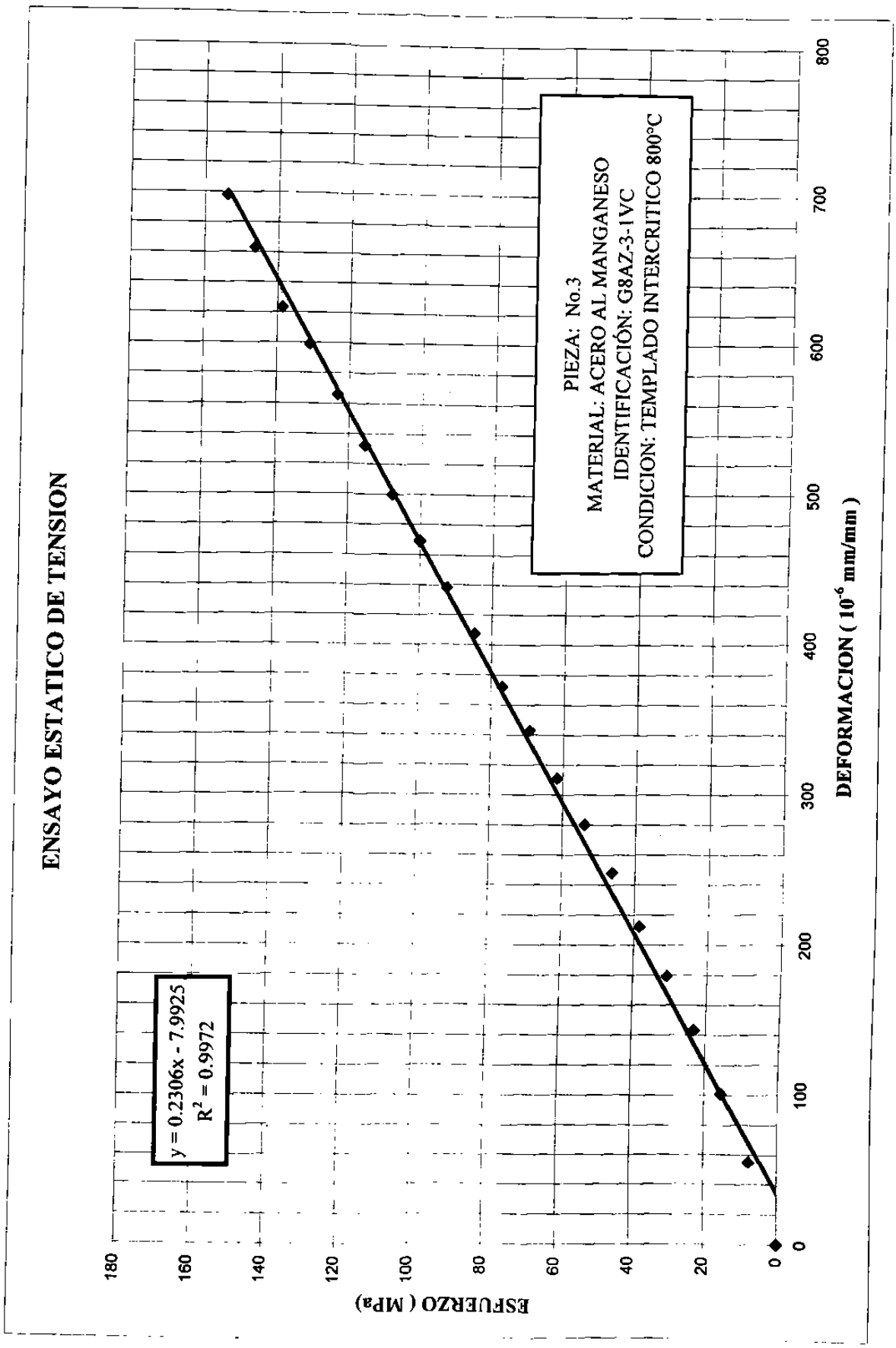
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	3		FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR:	VERTICAL	
IDENTIFICACION :	G8 AZUL			
CONDICION:	TEMPLADO INTERCRITICO 800°C			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 1.92 %			
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	VEL DEL ENS	mm/min.
AREA:	0.197529867	$in.^2$	127.4384	$mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	55	8	423.3810217	3025
200	101	15	1554.963025	10201
300	143.	23	3302.37197	20449
400	179	31	5511.651119	32041
500	212	38	8159.706964	44944
600	248	46	11454.3811	61504
700	280	54	15087.76005	78400
800	311	62	19152.21786	96721
900	343	69	23763.22207	117649
1000	372	77	28635.95274	138384
1100	407	85	34463.21517	165649
1200	438	92	40459.83	191844
1300	469	100	46933.71072	219961
1400	500	108	53884.85731	250000
1500	532	115	61428.73734	283024
1600	566	123	69711.60969	320356
1700	599	131	78387.07171	358801
1800	623	139	86323.54141	388129
1900	663	146	96969.64965	439569
2000	698	154	107461.8012	487204
			793069.6321	**3707855**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**793069.6321**	
K=	21	
X´=	368.5238095	
Y´=	76.97836759	**MODULO ELASTICO: 230.5 GPa**
SX^2=	**3707855**	
X'^2=	135809.7982	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.230571036 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G8AZ-3-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
y = 0.2306x - 7.9925
R² = 0.9972
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10⁻⁶ mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

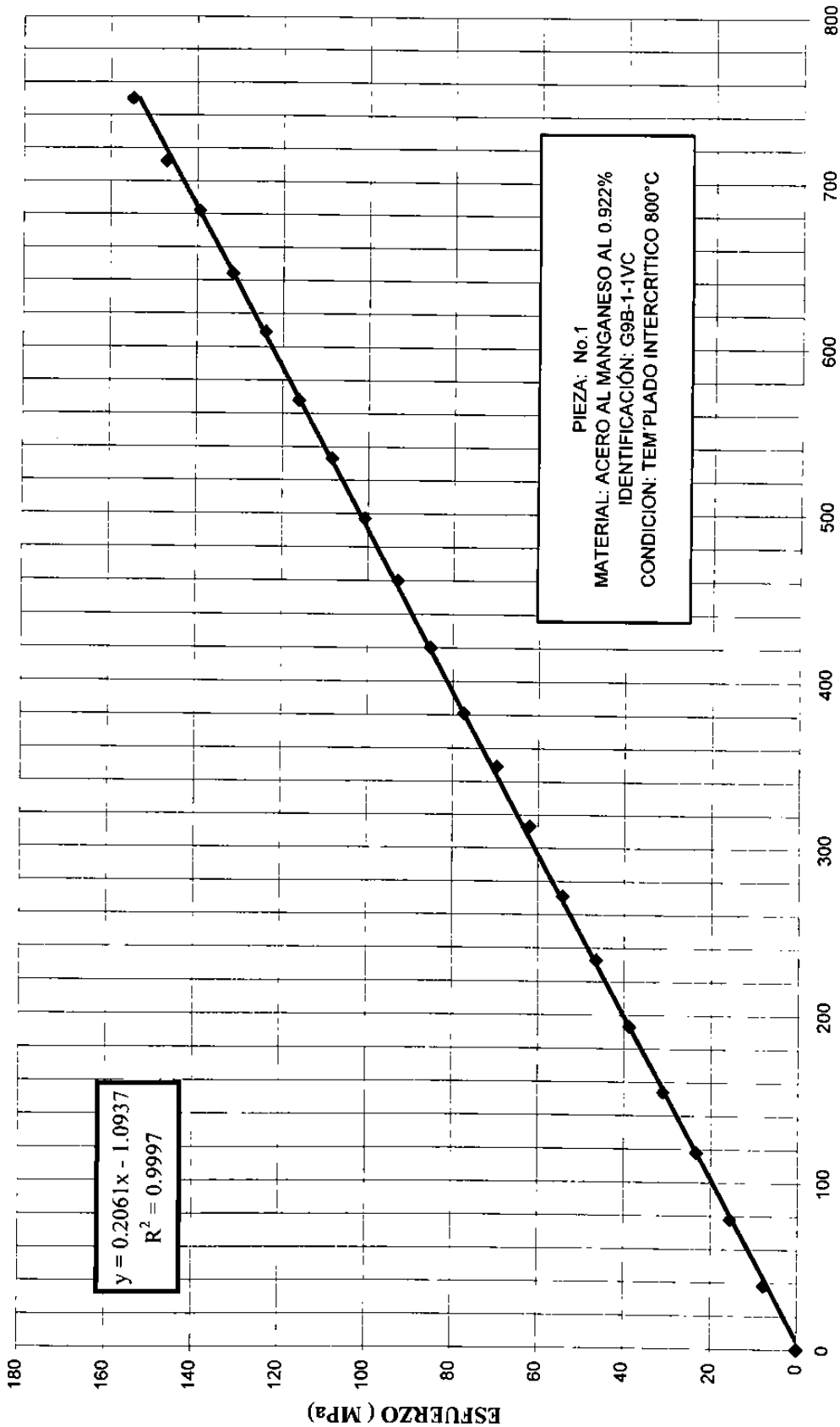
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	1	FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR:	VERTICAL
IDENTIFICACION :	G9 BLANCO		
CONDICION:	TEMPLADO INTERCRITICO 800°C		
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %		
ENSAYO:	ESTATICO DE TENSION		
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.	
VEL DEL ENSAYO :	1.5	mm/min.	
AREA:	0.19635 $in.^2$	126.6772 $mm.^2$	

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	38	8	294.2755287	1444
200	78	15	1208.078486	6084
300	118	23	2741.408872	13924
400	154	31	4770.361202	23716
500	193	39	7473.04961	37249
600	233	46	10826.24182	54289
700	271	54	14690.54415	73441
800	313	62	19391.20852	97969
900	349	70	24324.19567	121801
1000	381	77	29504.9938	145161
1100	420	85	35777.70901	176400
1200	460	93	42747.39259	211600
1300	497	101	50034.58397	247009
1400	533	108	57786.42092	284089
1500	568	116	65979.67116	322624
1600	609	124	75458.44082	370881
1700	644	132	84782.32863	414736
1800	682	139	95066.48395	465124
1900	712	147	104762.0882	506944
2000	750	155	116161.3929	562500
			843780.8698	**4136985**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY=	**843780.8698**	
K=	21	
X´=	381.0952381	**MODULO ELASTICO: 206.0 GPa**
Y´=	77.4409286	
SX^2=	**4136985**	
X'^2=	145233.5805	
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$	**0.206076055 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6mm/mm)
y = 0.2061x - 1.0937
R2 = 0.9997
PIEZA: No.1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.922%
IDENTIFICACIÓN: G9B-1-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

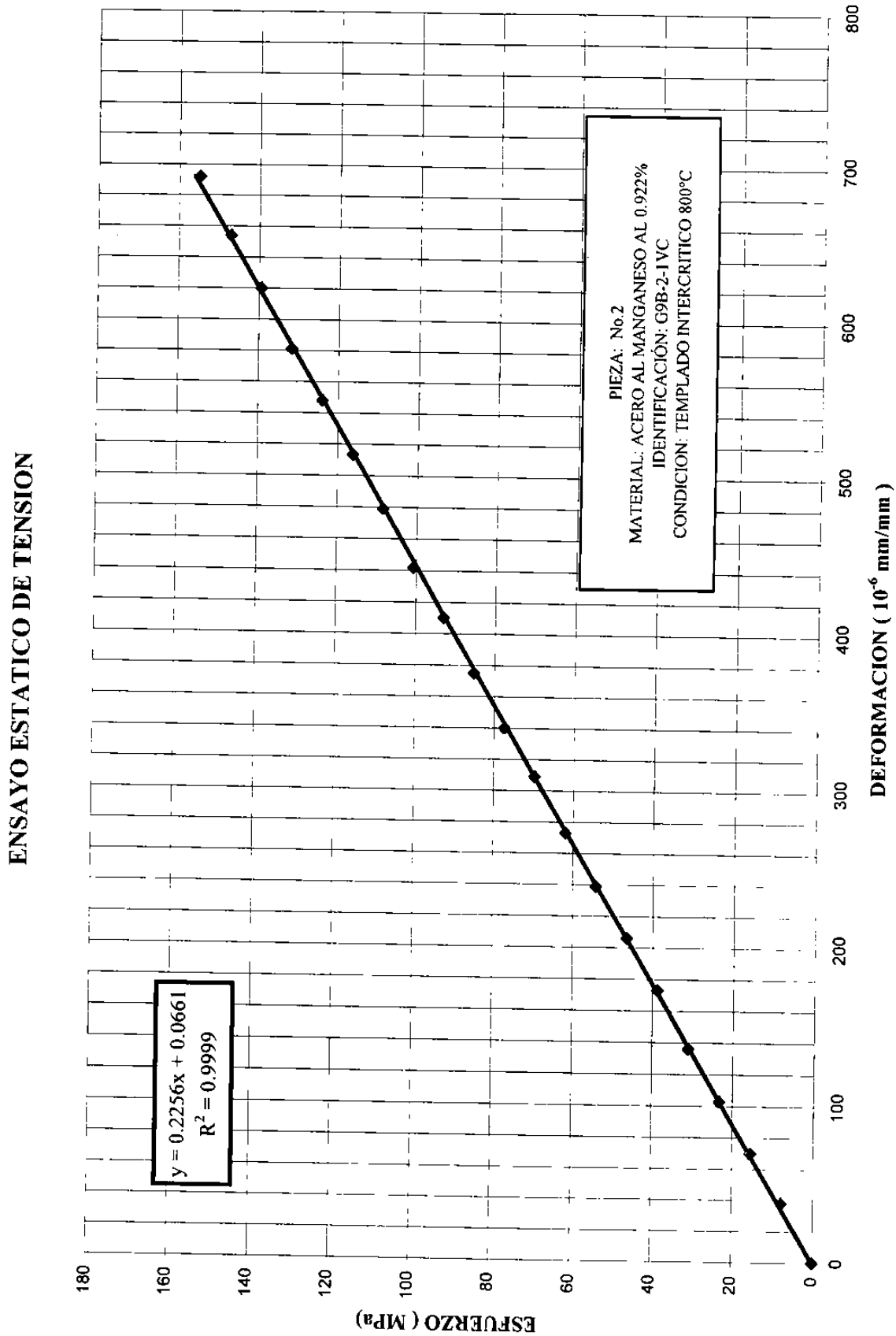
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No.	2		FECHA :	1/15/99
No. DE LECTURA:	1	MEDIDOR: VERTICAL		
IDENTIFICACION :	G9 BLANCO			
CONDICION:	TEMPLADO INTERCRITICO 800°C			
MATERIAL:	ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %			
ESTANDARES:	ASTM E-8	E-111	E-143	
VEL DEL ENSAYO :	0.2	mm/min.		
VEL DEL ENSAYO :	1.5	mm/min.		
AREA:	0.19635	$in.^2$	126.6772	$mm.^2$

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	38	8	294.2755287	1444
200	70	15	1084.173	4900
300	103	23	2392.924694	10609
400	136	31	4212.786516	18496
500	173	39	6698.640324	29929
600	206	46	9571.698775	42436
700	239	54	12955.86735	57121
800	273	62	16913.09881	74529
900	309	70	21536.32224	95481
1000	340	77	26329.91572	115600
1100	375	85	31944.38305	140625
1200	410	93	38100.93687	168100
1300	442	101	44497.55757	195364
1400	479	108	51931.88672	229441
1500	513	116	59590.79455	263169
1600	548	124	67900.20619	300304
1700	581	132	76488.40517	337561
1800	620	139	86424.07631	384400
1900	654	147	96228.09787	427716
2000	692	155	107178.2452	478864
			762274.2925	**3376089**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

ΣXY=	**762274.2925**	
K=	21	
X´=	342.9047619	**MODULO ELASTICO: 225.6 GPa**
Y´=	77.4409286	
ΣX^2=	**3376089**	
X'^2=	117583.6757	
$E=(\Sigma(XY)-KX'Y')/(\Sigma X^2-KX'^2)$	**0.225645112 GPa**	


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2256x + 0.0661
R2 = 0.9999
PIEZA: No.2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.922%
IDENTIFICACIÓN: G9B-2-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

PIEZA No. 3 FECHA : 1/15/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G9 BLANCO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.922 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min.
VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

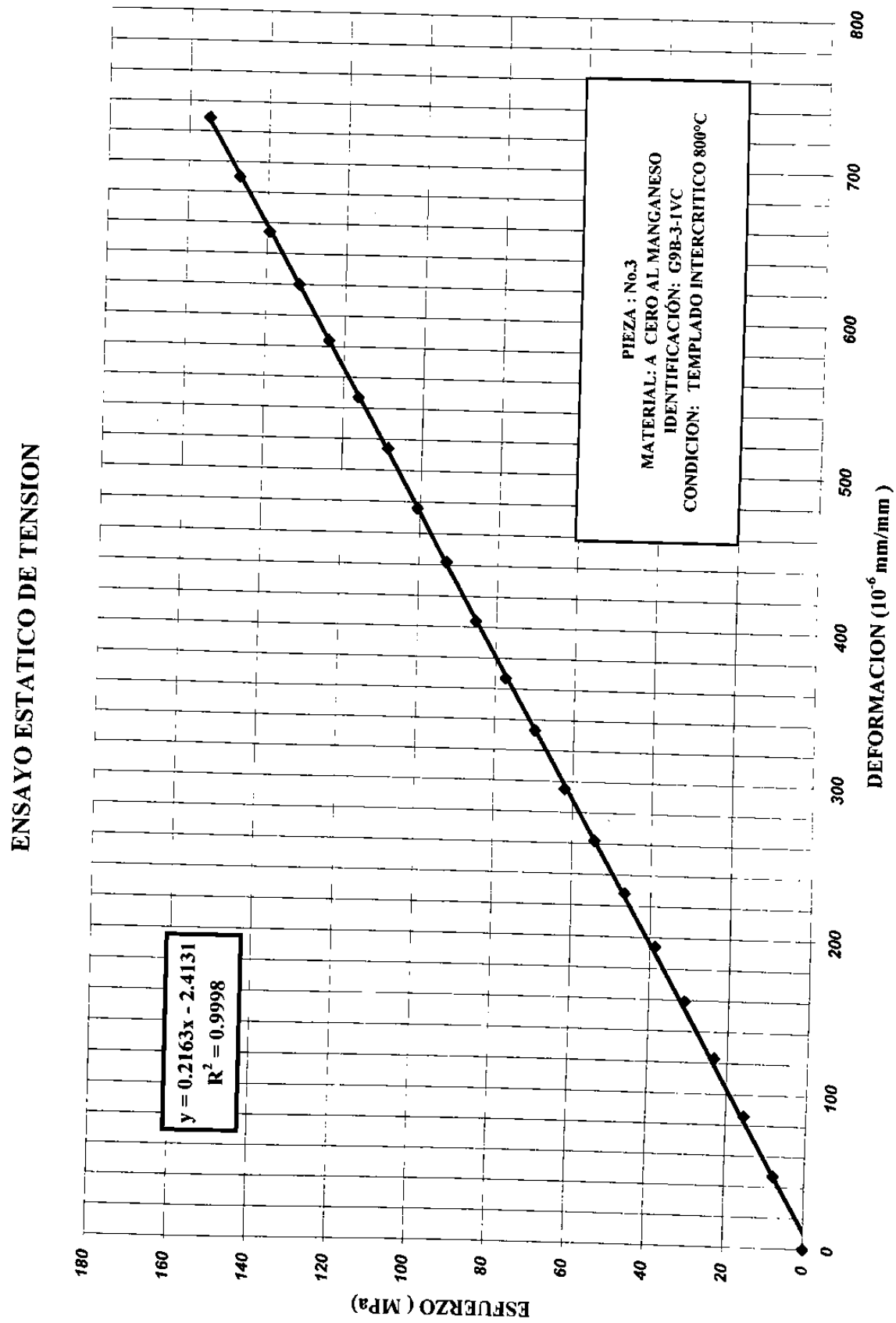
Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	47	8	363.9723644	2209
200	86	15	1331.983972	7396
300	123	23	2857.570265	15129
400	159	31	4925.243059	25281
500	194	39	7511.770074	37636
600	228	46	10593.91903	51984
700	262	54	14202.6663	68644
800	295	62	18276.05915	87025
900	333	70	23209.0463	110889
1000	367	77	28420.82079	134689
1100	404	85	34414.74867	163216
1200	442	93	41074.66853	195364
1300	476	101	47920.44662	226576
1400	514	108	55726.49222	264196
1500	547	116	63540.28191	299209
1600	584	124	72360.80368	341056
1700	620	132	81622.73874	384400
1800	654	139	91163.46114	427716
1900	690	147	101525.0574	476100
2000	729	155	112908.8739	531441
			813950.6241	**3850156**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **813950.6241**
K= 21
X´= 369.2380952
Y´= 77.4409286
SX^2= **3850156**
X'^2= 136336.771

MODULO ELASTICO : 216.2 GPa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.21626701 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
y = 0.2163x - 2.4131
R² = 0.9998
PIEZA : No.3
MATERIAL: A CERO AL MANGANESO
IDENTIFICACIÓN: G9B-3-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 800°C
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10⁻⁶ mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

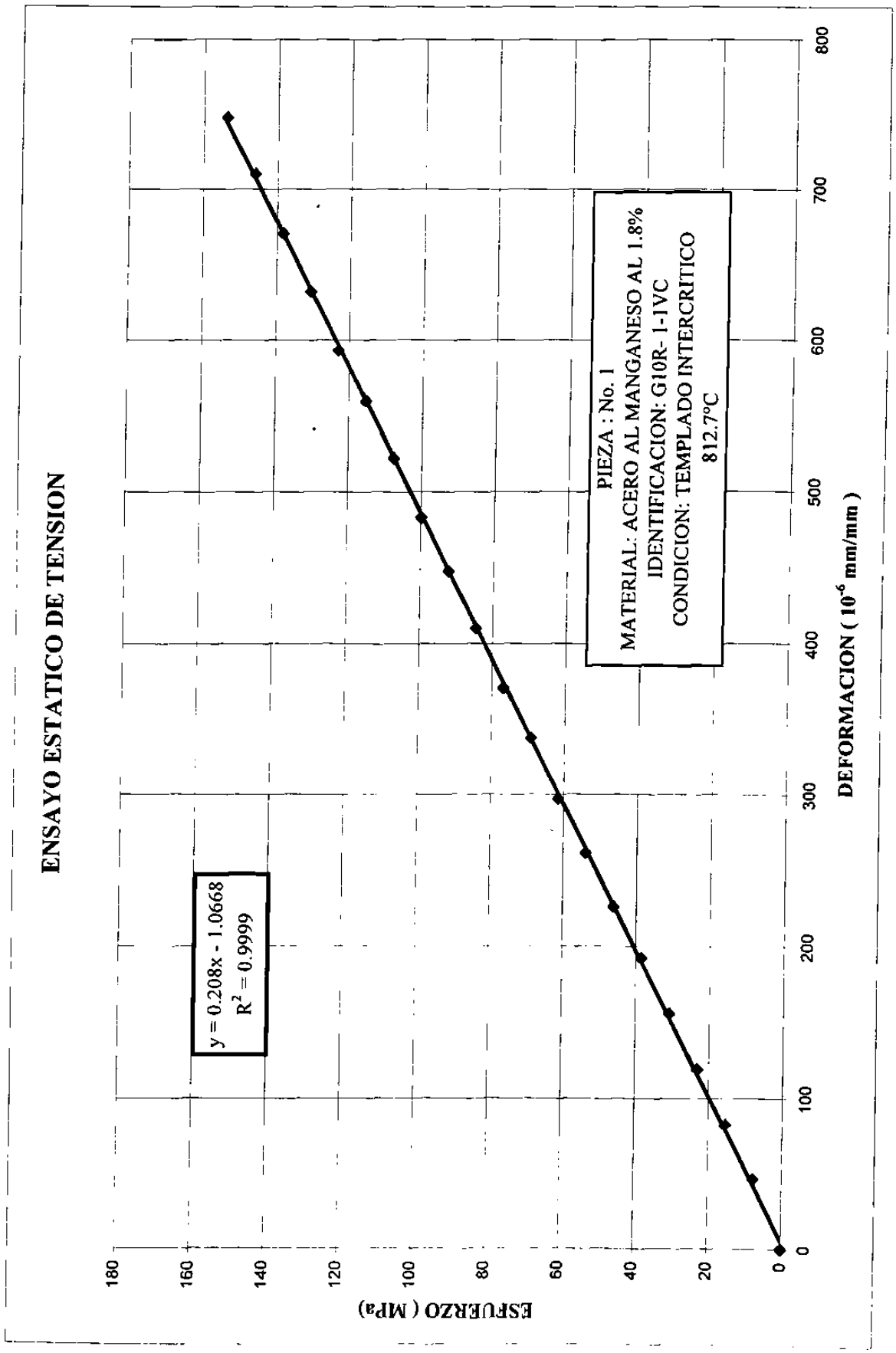
BITACORA DELENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 1/14/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 812.7°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ESTANDAR. ASTM E-8 E-111 E-143
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.197923942 $in.^2$ 127.6926 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	46	8	353.3955766	2116
200	82	15	1259.932056	6724
300	119	23	2742.656975	14161
400	156	31	4793.887821	24336
500	192	38	7375.212033	36864
600	226	46	10417.487	51076
700	261	54	14035.9504	68121
800	297	61	18253.64978	88209
900	338	69	23370.20313	114244
1000	371	77	28502.1215	137641
1100	410	85	34648.13153	168100
1200	448	92	41301.18738	200704
1300	483	100	48238.4962	233289
1400	522	108	56143.8016	272484
1500	559	115	64417.8676	312481
1600	593	123	72891.67892	351649
1700	632	131	82540.91467	399424
1800	670	138	92651.10116	448900
1900	710	146	103637.0941	504100
2000	748	154	114930.3875	559504
			822505.1569	**3994127**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **822505.1569**
K= 21
X'= 374.4285714
Y'= 76.82512534 **MODULO ELASTICO: 208.0 GPa**
SX^2= **3994127**
X'^2= 140196.7551
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.208028768 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.208x - 1.0668
R2 = 0.9999
PIEZA : No. 1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.8%
IDENTIFICACION: G10R- 1-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO
812.7°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

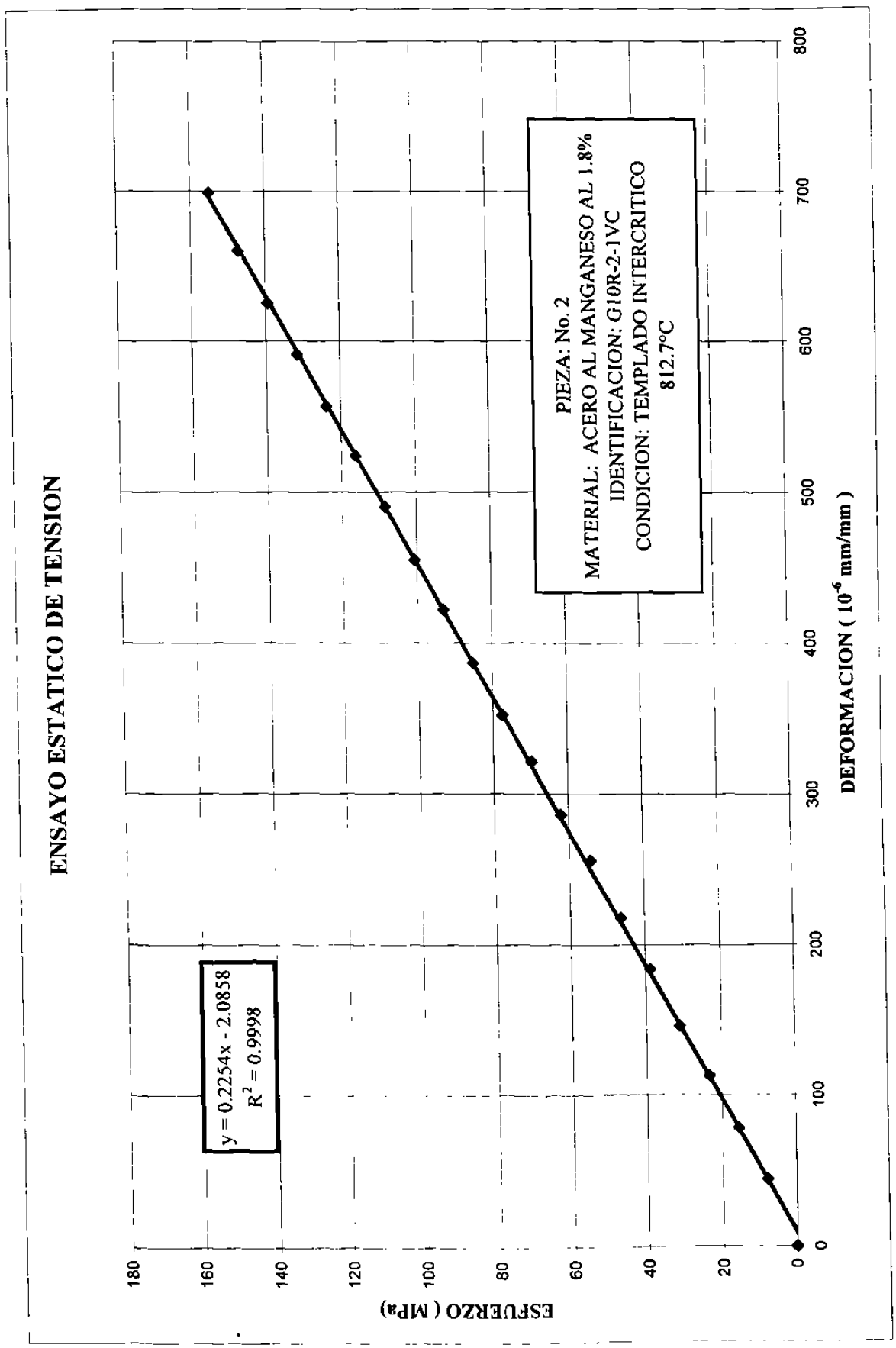
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 1/14/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 812.7°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDAR. ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	44	8	340.7400858	1936
200	78	15	1208.078486	6084
300	113	23	2625.247479	12769
400	146	31	4522.55023	21316
500	184	39	7124.565431	33856
600	218	46	10129.27346	47524
700	256	54	13877.4144	65536
800	286	62	17718.48446	81796
900	321	70	22372.68427	103041
1000	352	77	27259.20687	123904
1100	387	85	32966.6033	149769
1200	422	93	39216.08624	178084
1300	455	101	45806.30926	207025
1400	490	108	53124.47702	240100
1500	524	116	60868.56988	274576
1600	557	124	69015.35557	310249
1700	591	132	77804.90096	349281
1800	625	139	87121.04467	390625
1900	660	147	97110.92446	435600
2000	699	155	108262.4182	488601
			778474.9347	**3521672**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **778474.9347**
K= 21
X´= 352.7619048
Y´= 77.4409286 **MODULO ELASTICO: 225.4 GPa**
SX^2= **3521672**
X'^2= 124440.9615
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.225440195 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.2254x - 2.0858
R2 = 0.9998
PIEZA: No. 2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.8%
IDENTIFICACION: G10R-2-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO
812.7°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

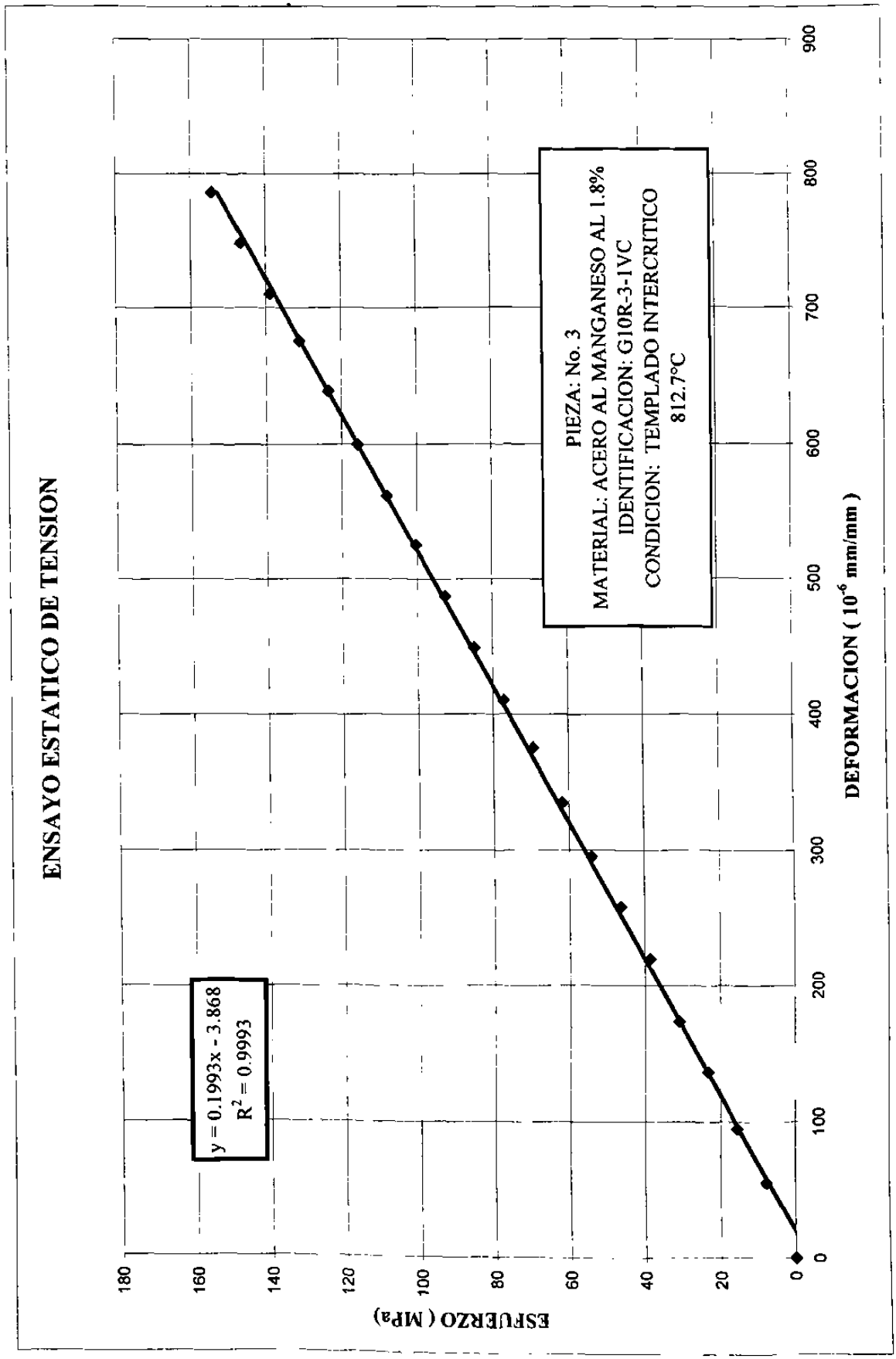
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 1/14/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G10 ROJO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 812.7°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.8 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDAR. ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.197136185 $in.^2$ 127.1844 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	55	8	424.2265561	3025
200	95	15	1465.509921	9025
300	136	23	3146.989725	18496
400	173	31	5337.541397	29929
500	220	39	8484.531122	48400
600	258	46	11940.04925	66564
700	295	54	15927.77888	87025
800	335	62	20671.4031	112225
900	375	69	26032.08412	140625
1000	410	77	31624.16145	168100
1100	449	85	38095.54474	201601
1200	487	93	45075.99989	237169
1300	525	100	52642.65901	275625
1400	562	108	60687.53715	315844
1500	600	116	69418.891	360000
1600	639	123	78859.86017	408321
1700	676	131	88640.21059	456976
1800	710	139	98574.82521	504100
1900	748	147	109620.1421	559504
2000	786	154	121251.6629	617796
			887921.6083	**4620350**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **887921.6083**
K= 21
X´= 406.3809524
Y´= 77.13210111 **MODULO ELASTICO : 199.3 GPa**
SX^2= **4620350**
X'^2= 165145.4785
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.199320718 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.1993x - 3.868
R2 = 0.9993
PIEZA: No. 3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 1.8%
IDENTIFICACION: G10R-3-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO
812.7°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

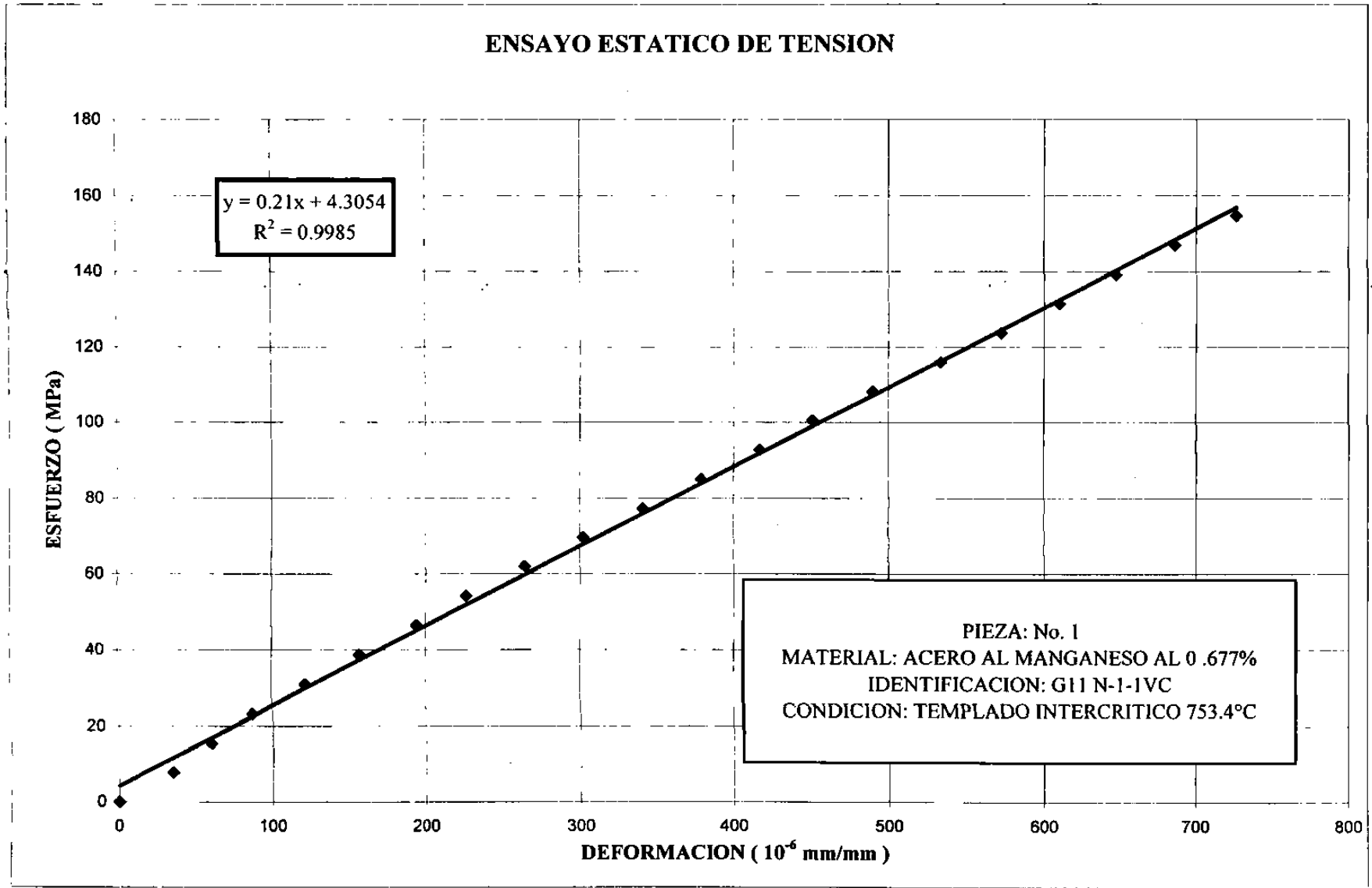
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 1/14/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G11 NEGRO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 753.4°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.677 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.196742896 $in.^2$ 126.9306 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	35	8	270.5021484	1225
200	60	15	927.4359374	3600
300	87	23	2017.173164	7569
400	122	31	3771.572812	14884
500	157	39	6066.976757	24649
600	194	46	8996.128593	37636
700	226	54	12226.69711	51076
800	264	62	16322.8725	69696
900	302	70	21006.42398	91204
1000	341	77	26354.63789	116281
1100	379	85	32220.67019	143641
1200	417	93	38674.07859	173889
1300	451	100	45312.97418	203401
1400	490	108	53018.42109	240100
1500	533	116	61790.41933	284089
1600	572	124	70732.44749	327184
1700	610	131	80145.92226	372100
1800	647	139	90007.65773	418609
1900	686	147	100735.0001	470596
2000	726	155	112219.7484	527076
			782817.7603	**3578505**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **782817.7603**
K= 21
X'= 347.5714286
Y'= 77.28632812 **MODULO ELASTICO: 209.9 GPa**
SX^2= **3578505**
X'^2= 120805.898
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.209973897 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
y = 0.21x + 4.3054
R2 = 0.9985
PIEZA: No. 1
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0 .677%
IDENTIFICACION: G11 N-1-1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 753.4°C
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

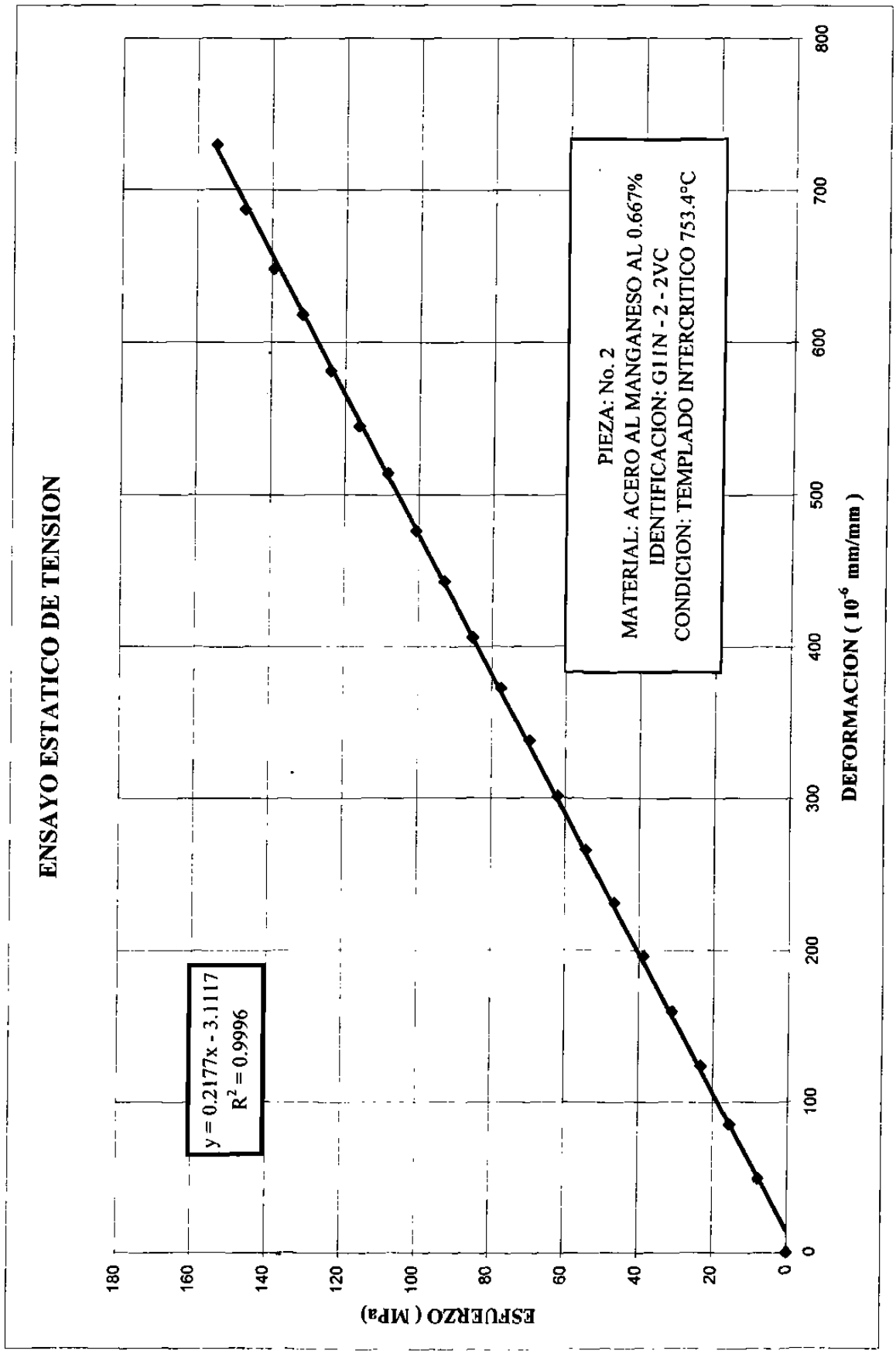
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 2 FECHA : 1/14/99
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G11 NEGRO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 753.4°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.667 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.19635 $in.^2$ 126.6772 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	49	8	379.4605501	2401
200	85	15	1316.495786	7225
300	124	23	2880.802544	15376
400	160	31	4956.21943	25600
500	196	39	7589.211002	38416
600	231	46	10733.3127	53361
700	266	54	14419.5009	70756
800	301	62	18647.77561	90601
900	338	70	23557.53048	114244
1000	373	77	28885.46637	139129
1100	406	85	34585.11871	164836
1200	443	93	41167.59764	196249
1300	476	101	47920.44662	226576
1400	514	108	55726.49222	264196
1500	545	116	63307.95913	297025
1600	581	124	71989.08722	337561
1700	618	132	81359.43958	381924
1800	648	139	90327.09911	419904
1900	687	147	101083.6441	471969
2000	729	155	112908.8739	531441
			813741.5336	**3848790**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **813741.5336**
K= 21
X'= 370
Y'= 77.4409286 **MODULO ELASTICO: 217.7 GPa**
SX^2= **3848790**
X'^2= 136900
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.217709925 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10⁻⁶ mm/mm)
y = 0.2177x - 3.1117
R² = 0.9996
PIEZA: No. 2
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.667%
IDENTIFICACION: G11N - 2 - 2VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 753.4°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800

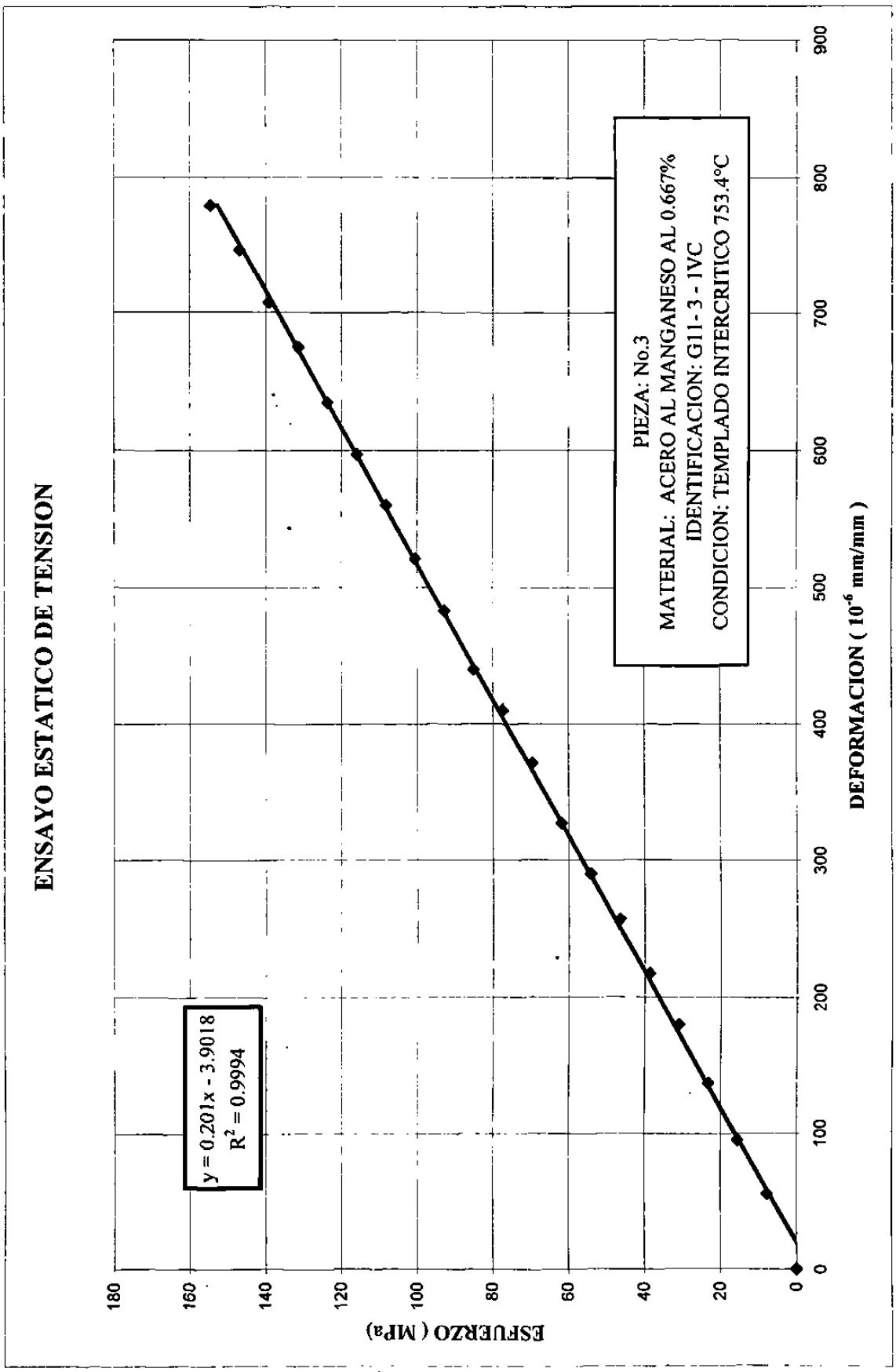
BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 1/14/99
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G11 NEGRO
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 753.4°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 0.667 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.196742896 $in.^2$ 126.9306 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	55	8	425.0748047	3025
200	95	15	1468.440234	9025
300	137	23	3176.468086	18769
400	180	31	5564.615625	32400
500	217	39	8385.566601	47089
600	257	46	11917.5518	66049
700	290	54	15689.12461	84100
800	327	62	20218.10344	106929
900	371	70	25805.90496	137641
1000	410	77	31687.39453	168100
1100	440	85	37406.58281	193600
1200	483	93	44795.15578	233289
1300	521	100	52346.03004	271441
1400	560	108	60592.48125	313600
1500	597	116	69209.90683	356409
1600	635	124	78522.90937	403225
1700	675	131	88686.06152	455625
1800	707	139	98354.58116	499849
1900	746	147	109545.6415	556516
2000	779	155	120412.0992	606841
			884209.6941	**4563522**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG).

SXY= **884209.6941**
K= 21
X´= 403.9047619
Y´= 77.28632812 **MODULO ELASTICO: 201.0 GPa**
SX2= **4563522**
X'^2= 163139.0567
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.201007995 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
y = 0.201x - 3.9018
R2 = 0.9994
PIEZA: No.3
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO AL 0.667%
IDENTIFICACION: G11-3 - 1VC
CONDICION: TEMPLADO INTERCRITICO 753.4°C
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 1 FECHA : 12/17/98
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G12 VERDE
CONDICIÓN: TEMPLADO INTERCRITICO A 800°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.19 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : mm/min.
AREA: 0.197136185 $in.^2$ 127.1844 $mm.^2$

	X	Y	XY	X^2
Carga	Deformacion Unitaria	Esfuerzo		
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	56	8	431.9397662	3136
200	104	15	1604.347703	10816
300	148	23	3424.665289	21904
400	185	31	5707.775482	34225
500	225	39	8677.361375	50625
600	263	46	12171.44555	69169
700	297	54	16035.76382	88209
800	333	62	20547.99173	110889
900	372	69	25823.82745	138384
1000	404	77	31161.36885	163216
1100	439	85	37247.09162	192721
1200	476	93	44057.85615	226576
1300	510	100	51138.58303	260100
1400	547	108	59067.76303	299209
1500	582	116	67336.32427	338724
1600	617	123	76144.81021	380689
1700	657	131	86148.84373	431649
1800	688	139	95520.39401	473344
1900	727	147	106542.5713	528529
2000	767	154	118320.6431	588289
			867111.3674	**4410403**

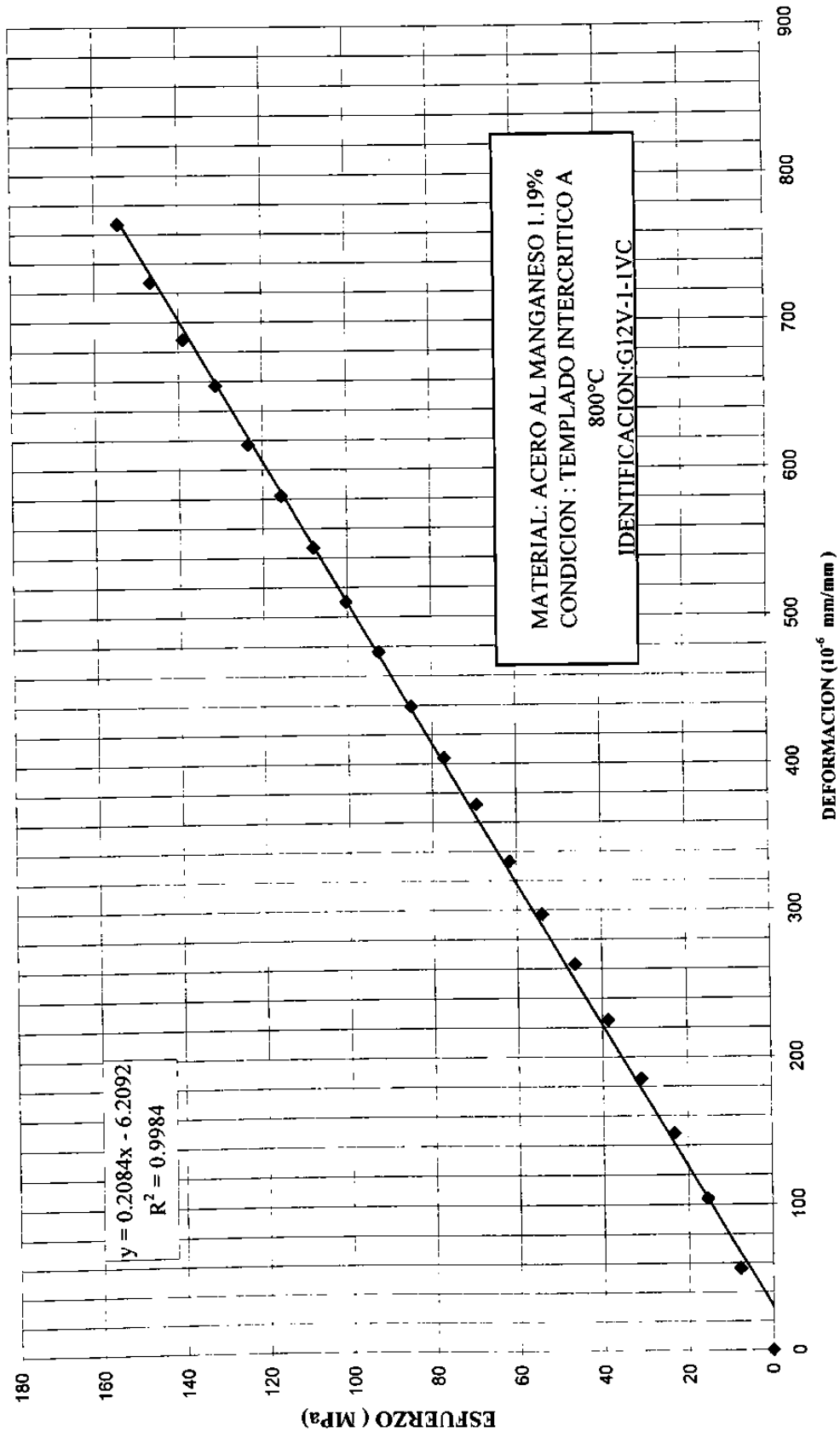
DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **867111.3674**
K= 21
X´= 399.8571429
Y´= 77.13210111
SX^2= **4410403**
X'^2= 159885.7347

MODULO ELASTICO:208.4 GPa

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.208427601 GPa**

ENSAYO ESTATICO DE TENSION



BITACORA DEL ENSAYO

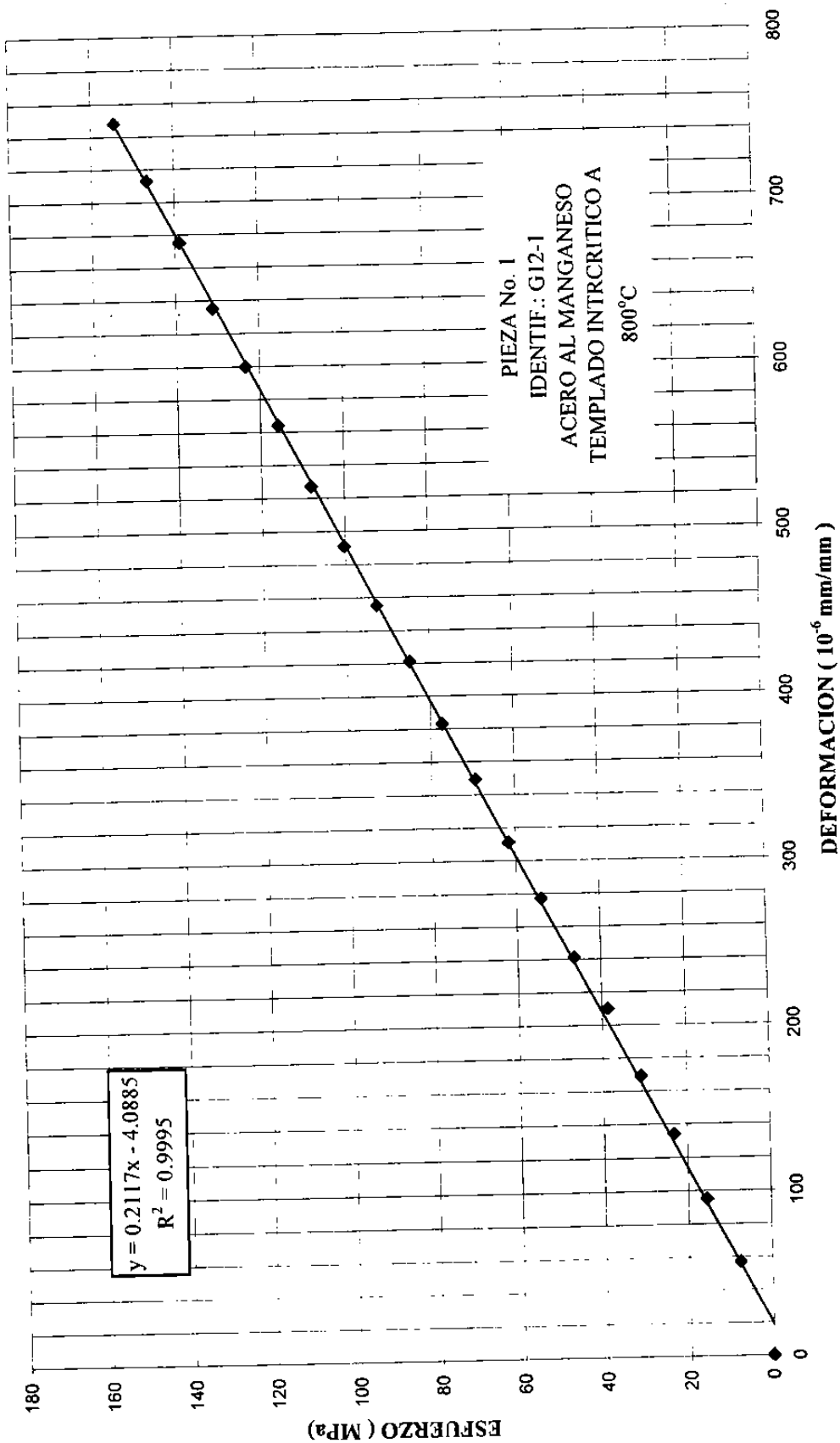
PIEZA No. 1 FECHA : 12/17/98
No. DE LECTURA: 2 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G12 VERDE
CONDICIÓN: TEMPLADO INTERCRITICO A 800°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.19 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.
AREA: 0.197136185 $in.^2$ 127.1844 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	57	8	439.6529763	3249
200	95	15	1465.509921	9025
300	134	23	3100.710464	17956
400	169	31	5214.130035	28561
500	210	39	8098.870616	44100
600	241	46	11153.30182	58081
700	277	54	14955.9144	76729
800	311	62	19190.46676	96721
900	349	69	24227.19296	121801
1000	383	77	29541.59472	146689
1100	421	85	35719.87602	177241
1200	455	93	42114.1272	207025
1300	491	100	49233.42014	241081
1400	527	108	56908.0642	277729
1500	564	116	65253.75754	318096
1600	600	123	74046.81706	360000
1700	635	131	83264.10314	403225
1800	675	139	93715.50284	455625
1900	713	147	104490.8574	508369
2000	748	154	115389.6233	559504
			837523.4934	**4110807**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **837523.4934**
K= 21
X´= 383.5714286
Y´= 77.13210111 **MODULO ELASTICO:211.7 GPa**
SX^2= **4110807**
X'^2= 147127.0408
$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.211748243 GPa**

ENSAYO ESTATICO DE TENSION



BITACORA DEL ENSAYO

PIEZA No. 3 FECHA : 12/18/98
No. DE LECTURA: 1 MEDIDOR: VERTICAL
IDENTIFICACION : G12 VERDE
CONDICIÓN: TEMPLADO INTERCRITICO A 800°C
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO CON 1.19 %
ENSAYO: ESTATICO DE TENSION
ESTANDARES: ASTM E-8 E-111 E-143
VEL DEL ENSAYO : 0.2 mm/min. VEL DEL ENSAYO : 1.5 mm/min.

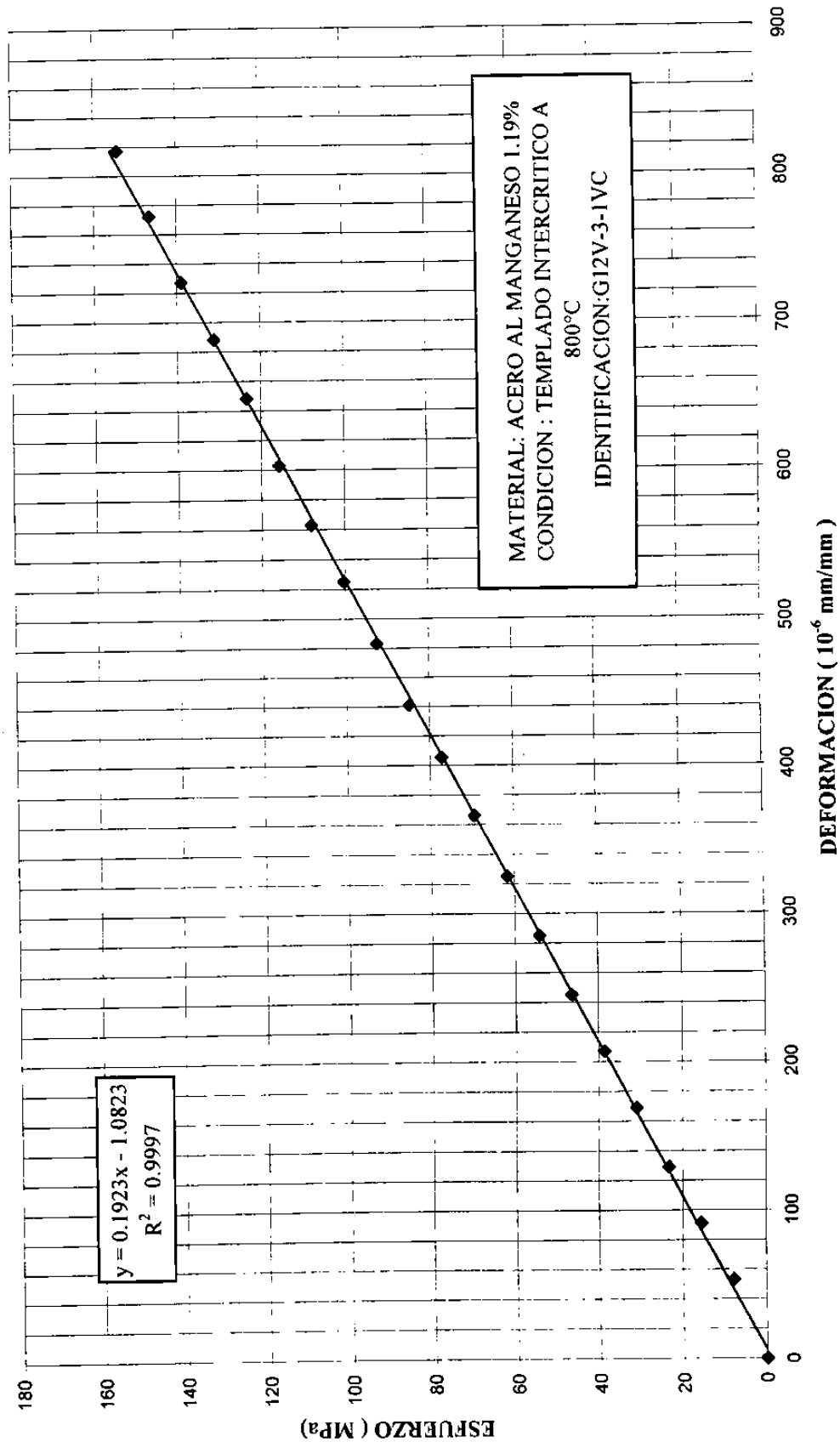
AREA: 0.197136185 $in.^2$ 127.1844 $mm.^2$

Carga	X Deformacion Unitaria	Y Esfuerzo	XY	X^2
kg.	mm/mm	MPa		
0	0	0	0	0
100	53	8	408.8001359	2809
200	91	15	1403.80424	8281
300	129	23	2985.012313	16641
400	169	31	5214.130035	28561
500	207	39	7983.172465	42849
600	245	46	11338.41886	60025
700	285	54	15387.85417	81225
800	325	62	20054.34629	105625
900	366	69	25407.3141	133956
1000	405	77	31238.50095	164025
1100	441	85	37416.78225	194481
1200	483	93	44705.7658	233289
1300	525	100	52642.65901	275625
1400	563	108	60795.52209	316969
1500	603	116	69765.98545	363609
1600	648	123	79970.56243	419904
1700	688	131	90213.70545	473344
1800	727	139	100935.0675	528529
1900	772	147	113137.3659	595984
2000	817	154	126033.8532	667489
			897038.6227	**4713220**

DATOS PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (O DE YOUNG)

SXY= **897038.6227**
K= 21
X´= 406.7619048
Y´= 77.13210111 **MODULO ELASTICO:192.2 GPa**
SX^2= **4713220**
X'^2= 165455.2472

$E=(S(XY)-KX'Y')/(SX^2-KX'^2)$ **0.192285415 GPa**


ENSAYO ESTATICO DE TENSION
MATERIAL: ACERO AL MANGANESO 1.19%
CONDICION : TEMPLADO INTERCRITICO A
800°C
IDENTIFICACION:G12V-3-1VC
y = 0.1923x - 1.0823
R2 = 0.9997
ESFUERZO (MPa)
DEFORMACION (10-6 mm/mm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

7.1.- Conclusiones

El módulo elástico y la razón de Poisson de los aceros al manganeso básico y tratados térmicamente tuvieron una variación significativa con respecto a los valores promedio del acero 1045 según los resultados estadísticos obtenidos del análisis de varianza, lo cual indica que la cantidad de silicio y el tratamiento térmico intercrítico tuvieron alguna influencia en estas constantes, por lo que se realizó el análisis estadístico de correlación múltiple que relaciona el valor de las constantes elásticas, el análisis químico y el tratamiento térmico el cual no presentó resultados significativos.

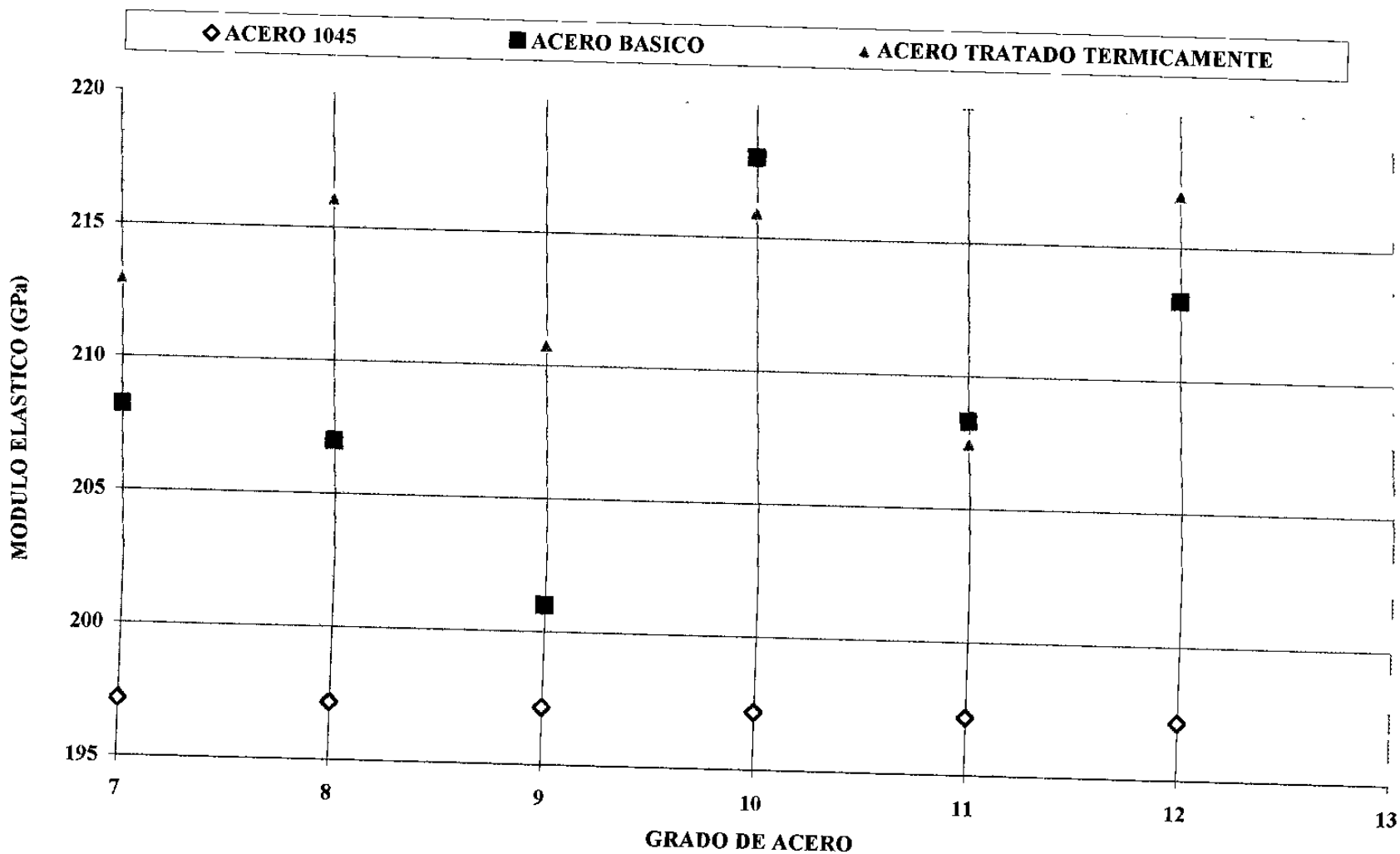
Para tener la certeza de esta aseveración es necesario realizar otras investigaciones como son las metalográficas que arrojarían evidencias suficientes a través del análisis de microscopía para determinar las posibles causas de la variación registrada en el diseño experimental sobre dichas constantes elásticas para los aceros duales.

El comportamiento de los medidores eléctricos de deformación fue eficiente en su sensibilidad al cambio de longitud en cada uno de los especímenes a los que fueron adheridos, debido a que se aplicó una carga elástica de trabajo dentro del intervalo de operación de los mismos.

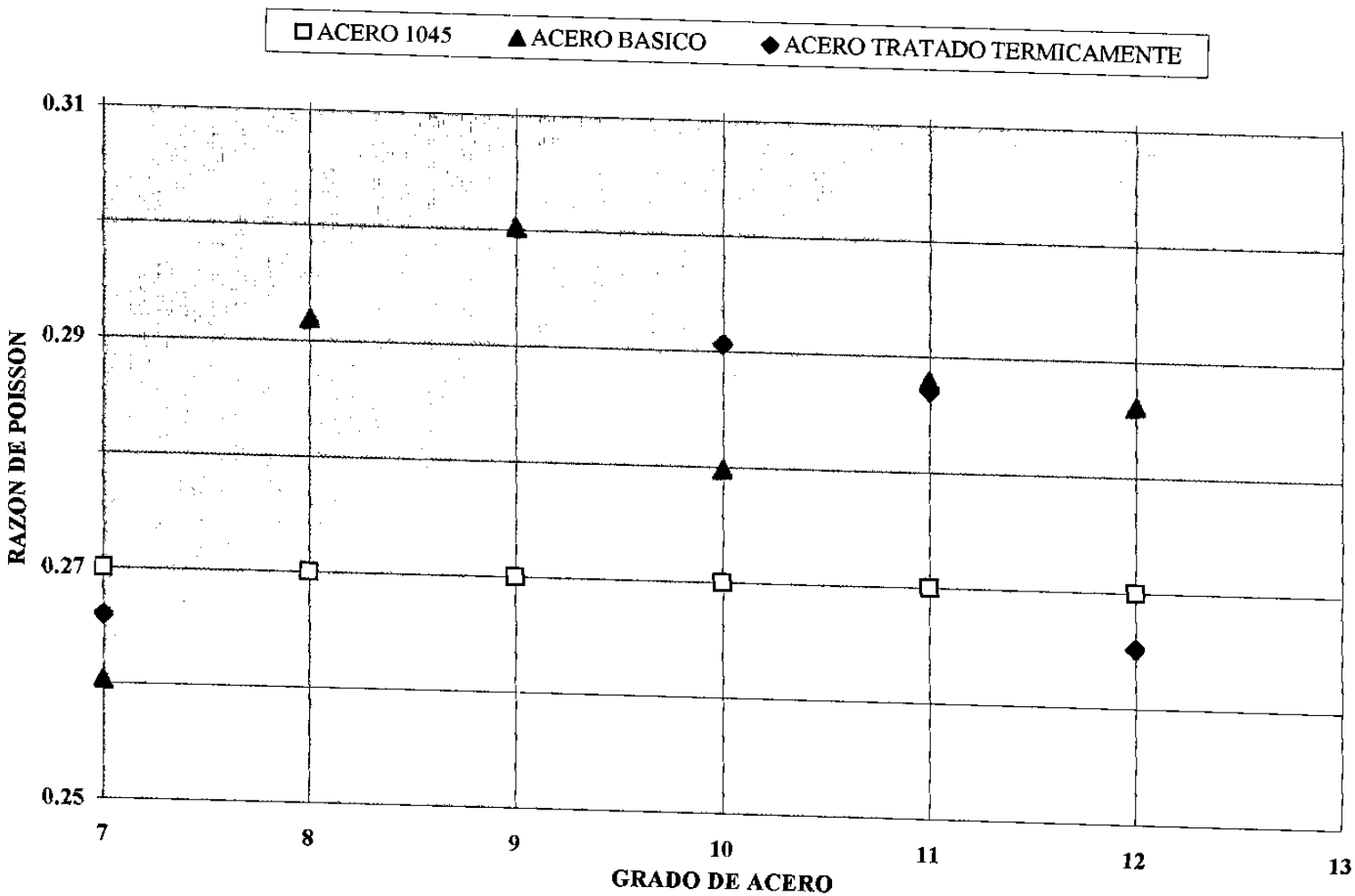
Las gráficas esfuerzo – deformación reales experimentaron un comportamiento casi lineal, ajustándose matemáticamente por medio de una regresión lineal usando el método de mínimos cuadrados recomendado por la ASTM E111-82, comprobando que la pendiente de la recta de regresión corresponde a la constante del módulo de elasticidad.

Cabe mencionar, que en la investigación de estos aceros al manganeso doble fase ferrítico-martensíticos se aportaron estas constantes elásticas como un complemento al desarrollo tecnológico que viene realizándose desde 1993, por Gareth Thomas de la Universidad de California, USA, por el Dr. Rafael Colás Ortiz, Dra. Patricia Rodríguez, Dr. Alberto Pérez Unsueta y MC. Carlos Lizcano Zulaica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, desde 1997 a la fecha.

APENDICE B VARIACION DEL MODULO ELASTICO



APENDICE B VARIACION DE LA RAZON DE POISSON



BIBLIOGRAFIA

1.- Gareth Thomas , Paulo Monteiro, David Trejo.
Mechanical properties and corrosion
suseptibility of dual phase steel in concrete
Abstract,1993

2.- Gareth Thomas
Investigation of low carbon, strong,dual phase
ferritic- martensitic steel for reinforcement in concrete an
cold forming applications.
Propuesta, 1994

3.- Gareth Thomas, University of California U.S.A.
Dual phase steels, reinforcementfor concrete
agosto,1995

4.- E. A., Phillips, A. J. Durelli, C. H. Tsao
Analysis of stress and strain
De. Mc. Graw Hill. 1990

5.- Luis Ortiz Berrocal
Elasticidad
De. Mc. Graw Hill, 1998

6.- Standards A.S.T.M.
Metals test mechanical testing and
Analytical procedures
Volumen 03.01, 1994

7.- Standards A.S.T.M.
Iron and steel products
Volumen 01.03, 1998

8.- Standards A.S.T.M.
Iron and steel products
Volumen 01.02, 1998

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ref. 1 Mechanical properties and corrosión
suseptibility of dual phase steel in concrete
Gareth Thomas , Paulo Monteiro, David Trejo.
Abstract,1993

Ref. 2 Investigation of low carbon, strong, dual phase
ferritic- martensitic steel for reinforcement in concrete an
cold forming applications.
Gareth Thomas , Propuesta, 1994

Ref. 3 Dual phase steels, reinforcementfor concrete
Gareth Thomas , University of California U.S.A.
agosto,1995

Ref. 4 A. J. Durelli
E. A., Phillips
C.H. Tsao
Analysis of stress and strain
De. Mc. Graw Hill. 1990

Ref. 5 Luis Ortiz Berrocal
Elasticidad
De. Mc. Graw Hill, 1998

Ref. 6 A.S.T.M. Standards
Metals Test Mechanical Testing And
Analytical Procedures
Volumen 03.01, 1994

Ref. 7 A.S.T.M. Standards
Iron And Steel Products
Volumen 01.03, 1998

Ref. 8 A.S.T.M. Standards
Iron And Steel Products
Volumen 01.02, 1998

LISTADO DE TABLAS Y GRÁFICAS

CAPITULO 2 **Página**

Tabla 2.1 Aceros de bajo carbono y baja aleación 18

CAPITULO 3

Tabla 3.1 Valores de módulo elástico axial (E), a corte (G) y razón de poisson (V) promedios. 32

CAPITULO 5

Tabla 5.1 Selección de temperaturas para el tratamiento térmico. 42

CAPITULO 6

Tabla 6.1 Porcentaje de manganeso y temperatura del tratamiento térmico 50

Tabla 6.2 Constantes de elasticidad para aceros al manganeso básicos 51

Tabla 6.3 Comparativa final. Valores de f estadística de módulo elástico para aceros al Mn básicos 53

Tabla 6.3.1 Módulo elástico para aceros al Mn básicos 54

Tabla 6.3.2 Módulo elástico para aceros al Mn básicos 55

Tabla 6.4 Comparativa final. Valores de f estadística de módulo elástico
para aceros al manganeso tratados térmicamente 56

Tabla 6.4.1 Módulo elástico para aceros al Mn tratados térmicamente 57

Tabla 6.5 Comparativa final. Valores de f estadística de razón de Poisson
Para aceros al Mn tratados térmicamente 58

Tabla 6.5.1 razón de Poisson para aceros al Mn con tratamiento térmico 59

Tabla 6.5.2 razón de Poisson para aceros al Mn básicos 60
Para aceros al Mn tratados térmicamente

Tabla 6.6 Comparativa final. Valores de f estadística de razón de Poisson básicos 61

Tabla 6.6.1 razón de Poisson para aceros al Mn básicos 63

Tabla 6.6.2 razón de Poisson para aceros al Mn básicos 64

Tabla 6.7 Resultados de los ensayos de dureza Rockwell 65

Gráfica 6.1 Módulo elástico para aceros 1045 68

Gráfica 6.2 Módulo elástico -% de Mn para aceros básicos 69

Gráfica 6.3 Módulo elástico -% de Mn para aceros tratados térmicamente 70

Gráfica 6.4 Razón de Poisson para aceros 1045 71

Gráfica 6.5 Razón de Poisson -% de Mn para aceros al básicos 72

Gráfica 6.6 Razón de Poisson -% de Mn – temperatura para aceros al tratados térmicamente. 73

LISTADO DE FIGURAS

CAPITULO 2 **Página**

Fig. 2.1 Proceso de calentamiento, diagrama de fase 7

Fig. 2.2 a).- Micrografía óptica mostrando una matriz de ferrita e islas de martensita dispersa, en sección longitudinal con tratamiento intercrítico. 9
b).- SEM mostrando islas de martensita en matriz ferritica de un templado intercritico.
c).- SEM micrografia mostrando la microestructura ferrita perlita de una barra de acero reforzado.

Fig. 2.3 El TEM microscopio electrónico de transferencia que muestra dislocaciones de alta densidad en granos de ferrita adyacentes a islas de martensita de un espécimen con tratamiento intercrítico. 10

Fig. 2.4 Muestra la curva de esfuerzo deformación para los DFM y tochos de acero. 11

Fig. 2.5 Gráficos de esfuerzo –deformación para aceros duales ferriticos-martensiticos. Con aproximadamente 30% de martensita comparado dos barras de acero tempcore I, II. 13

Fig. 2.6 SEM mostrando microestructura de espécimen tratado intercríticamente, 19% deformado, la ferrita se ve deformada y la martensita no aparenta estarlo. 14

Fig. 2.7 Curva esfuerzo-deformacion para acero dual ferrítico-martensitico con cantidades variables de fracción de martensita (4A =100%M, 4S3 = 60%M, 4S2 = 40%M, 4S1 = 20%M) 15

Fig. 2.8.- Tratamiento térmico para obtener la estructura DFM para aceros de bajo carbón. 16

Fig. 2.9 Diagramas de fase mostrando la expansión del rango de ($\alpha + \gamma$) cuando se agrega manganeso al sistema Fe- C. 17

CAPITULO 3

Fig. 3.1 La barra delgada bajo tensión uniaxial 20

Fig. 3.2 Curva esfuerzo-deformación para un acero 21

Fig. 3.3 Nuevo sistema de coordenadas $O_{x'y'z'}$ 22

Fig. 3.4 Nuevo sistema de coordenadas $O_{x'y'z'}$ obtenidas por rotación Con respecto a O_x 24

Fig. 3.4 Nuevo sistema de coordenadas $O_{x'y'z'}$ obtenido al rotar 90° con respecto a O_z 25

CAPITULO 4

Fig. 4.1 Puntos limites para la obtención del módulo de elasticidad según estandar ASTM 111- E82 34

Fig. 4.2 Diagramas esfuerzo-deformación mostrando líneas (a) módulo tangente (b) módulo cuerda [ref6] . 35

GLOSARIO

DIGRAMA DE EQUILIBRIO.- Representación gráfica de los límites de temperatura y composición de campos de fase en un sistema de aleación como realmente existen bajo las condiciones específicas de calentamiento o enfriamiento (sinónimo de diagrama de fase).

ESFUERZO INGENIERIL.- Carga o fuerza aplicada dividida entre el área transversal original de la probeta.

MATRIZ.- Típicamente el primer material sólido que se forma durante el enfriamiento de una aleación.

ACEROS DUALES.- Aceros de doble fase debido a que se calientan en la región ferrita-autensita y son templados para obtener la bifásica ferrítica-martensítica.

MARTENSITA-DISLOCADA.- Fase metaestable del acero formada por una transformación de austenita inferior a alta temperatura ms. Es una solución sólida intersticial sobresaturada de carbono en hierro con una red tetragonal centrada en el cuerpo y su microestructura se caracteriza por una forma acicular o tipo aguja.

FERRITA.- Solución sólida de uno o mas elementos de hierro cubico centrado en la cara.

DISTORSION.- Deformación experimentada en el acero después de un tratamiento térmico.

SEM.- Microscopio electrónico de barrido.

PERLITA.- Agregado laminar de ferrita y cementita.

DFM.- Aceros duales ferriticos-martensíticos.

ISOTROPIA.- Calidad de tener propiedades idénticas en todas las direcciones.

HOMOGENIZAR.- Conservar a alta temperatura para eliminar o disminuir la segregación química por difusión.

RECOCIDO.- Calentar y mantener a una temperatura adecuada y luego enfriar a una rapidez apropiada.

TEMPERATURA Ms.- Temperatura a la que la martensita se empieza a formar en un sistema de aleación al enfriar. En el acero la ausentita empieza a cambiar a martensita al enfriar.

TEMPLADO.- Endurecer una aleación ferrosa austenizadola y luego enfriando rápidamente para llevarla de austenita a martensita.

Mn.- Manganeso

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

M.C. Moisés Espinosa Esquivel

Candidato al grado de

Maestro en Ciencias con Especialidad en Materiales

Tesis

"Obtención del Módulo de Elasticidad y Razón de Poisson en diferentes grados de acero al manganeso."

Campo de Estudio: Ciencias Exactas

Biografía: Nacido en Cadereyta Jimenez N. L. el 28 de diciembre de 1953, hijo del Sr. Pedro Espinosa Tristan y la Sra. Florencia Esquivel Martinez.

Educación: Egresado de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Ingeniero Mecánico y Electricista en 1977, grado de Maestro en ciencias de la ingeniería mecánica con especialidad en diseño mecánico en 1993. .

Experiencia Profesional: Catedrático de la F I M E- U A N L en licenciatura a partir de 1973 a la fecha y en la escuela de posgrado a partir de 1999 a la fecha.

Asesor y consultor en ingeniería mecánica a través del departamento de mecánica de los materiales de la FIME. Desde 1973 a la fecha.

Jefe de la Academia de diseño Mecánico de 1997 a 1999.

Asesor académico en exámenes profesionales en licenciatura a partir de 1982 a la fecha, Asesor de exámenes de grado en el programa de ingeniería mecánica de postgrado a partir de 1998 a la fecha.

Autor de manuales, instructivos y material didáctico de apoyo para alumnos y profesores en asignaturas y laboratorios de licenciatura en la FIME desde 1984 a la fecha.

Expositor en diferentes cursos, talleres y seminarios dirigídos a profesores de licenciatura de la FIME desde 1991 a la fecha, capacitor de alumnos becarios y de servicio social de 1997 a 1999.

Participante y colaborador en la reforma curricular y académica en licenciatura y postgrado en Ingeniería Mecánica (1997-2000)