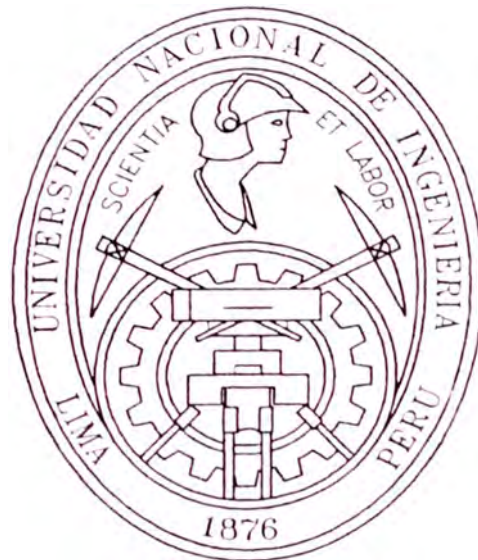


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“ESTUDIO DE LA MADERA EUCALIPTO SALIGNA  
PARA USO ESTRUCTURAL, Y SU INFLUENCIA A  
NIVEL LOCAL Y REGIONAL”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**RAUL EVARISTO VICENTE TACUCHI**

**Lima- Perú**

**2007**

*A Isabel y Urbano,  
por su amor y modelo de vida.*

## INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1
RESUMEN	3
CAPITULO I: ANTECEDENTES.	5
<b>I.1 La madera Eucalipto.</b>	
I.1.1 Tipos de Eucalipto más comunes.	5
I.1.2 El Eucalipto Globulus en el Perú.	6
<b>I.2 Tipos de madera usuales en la construcción en el Perú.</b>	
I.2.1 Cualidades de la Madera como Material de Construcción.	9
I.2.1 Especies Maderables estudiadas en el Perú.	9
I.2.3 Especies Maderables más comercializadas en el Perú.	12
<b>I.3 Uso Estructural de la Madera. Sistemas Constructivos con Madera.</b>	
I.3.1 Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural en el Perú.	14
I.3.2 Tipos de Sistemas Constructivos con Madera.	16
<b>I.4 Uso No Estructural de la Madera.</b>	
I.4.1 La Madera en Acabados.	19
I.4.2 Clasificación de Madera No Estructural.	19
I.4.3 Otros usos de la Madera.	20
<b>I.5 La Industria Maderera y el Medio Ambiente.</b>	
I.5.1 El Medio Ambiente y los Recursos Naturales.	21
I.5.2 Los Impactos Ambientales y la Contaminacion Ambiental.	22
I.5.3 Beneficios de la Reforestacion de Bosques.	23
CAPITULO II:EL EUCALIPTO SALIGNA.	
<b>II.1 Su llegada al Perú.</b>	
II.1.1 Origen y distribución en América.	24
II.1.2 Su Ingreso al Perú.	25
II.1.3 Villa Rica, el pueblo que impulsa al Saligna.	26
<b>II.2 Descripción de la madera Eucalipto Saligna.</b>	
II.2.1 Características generales del E. Saligna.	29
II.2.2 Identificación Sistemática y Dendrológica.	30
II.2.3 Requerimientos ambientales para su desarrollo.	33
II.2.4 Diferencias con el E. Grandis.	34

<b>II.3 Usos mas frecuentes del Eucalipto.</b>	
II.3.1 Usos del Eucalipto en el Perú.	36
II.3.2 Variedades de Eucalipto y usos en otros paises.	36
<b>II.4 Ventajas y desventajas frente a otras maderas más comerciales.</b>	
II.4.1 Cualidades y ventajas del E. Saligna frente a otras especies Madereras.	39
II.4.2 Limitaciones y desventajas del Eucalipto Saligna.	40
<b>II.5 Incidencia de las condiciones actuales de la Industria Maderera en el Perú.</b>	
II.5.1 Actualidad de la Industria Maderera en el Perú.	41
II.5.2 Factores que incentivan la forestación con Eucalipto Saligna.	46
<b>II.6 Perspectivas de desarrollo para las plantaciones de Eucalipto en el Perú y en Latinoamérica.</b>	
II.6.1 Beneficios y retornos en el mediano plazo.	47
II.6.2 Desarrollo científico de las especies de Eucalipto.	48
<b>CAPITULO III: METODOS DE LOS ENSAYOS Y SU NORMATIVIDAD.</b>	
<b>III.1 Normas empleadas.</b>	
III.1.1 Normas ITINTEC.	50
III.1.2 Normas Técnicas de Edificación.	51
III.1.3 Normas PADT-REFORT.	51
<b>III.2 Equipos del Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la UNI.</b>	
III.2.1 Para ensayos de Densidad y Contenido de Humedad.	52
III.2.2 Para ensayos de Flexión Estática en Probetas.	52
III.2.3 Para ensayo de Flexión en Vigas a escala natural.	53
<b>III.3 Procedimiento del muestreo previo a los ensayos.</b>	
III.3.1 Capacitación previa al trabajo de campo.	54
III.3.2 Colección de trozas.	55
III.3.3 Preparación y aserrío de vigas y probetas.	57
<b>III.4 Características de las probetas por ensayo.</b>	
III.4.1 Probetas para ensayo de Densidad Básica.	59
III.4.2 Probetas para ensayo de Contenido de Humedad.	59
III.4.3 Probetas para ensayo de Flexión Estática.	60
III.4.4 Vigas para ensayo de Flexión a escala natural.	60

## CAPITULO IV: ENSAYOS REALIZADOS A LOS ESPECIMENES

### IV.1 Ensayos para determinar Propiedades Físicas.

- IV.1.1 Determinación del Contenido de Humedad. 61
- IV.1.2 Determinación de la Densidad Básica. 67

### IV.2 Ensayos para determinar Propiedades Mecánicas.

- IV.2.1 Ensayo de Flexión Estática en probetas. 71

### IV.3 Ensayo de Vigas a Escala Natural.

- IV.3.1 Ensayo de Flexión para Vigas a escala natural. 76

## CAPITULO V: ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

### V.1 Procesamiento de datos obtenidos de los ensayos.

- V.1.1 Densidades obtenidas a partir de las vigas. 80
- V.1.2 Esfuerzo en el límite proporcional (ELP) y Resistencia a la flexión ( $f_{mu}$ ) para vigas y probetas. 87
- V.1.3 Módulo de Elasticidad para vigas y probetas. 94

### V.2 Tablas de Resumen por ensayos.

- V.2.1 Resumen de resultados en vigas. 99
- V.2.2 Resumen de resultados en probetas. 101

### V.3 Análisis de resultados.

- V.3.1 Influencia del Contenido de Humedad en vigas y probetas. 103
- V.3.2 Relación entre ELP,  $f_{mu}$  y el Esfuerzo admisible. 109
- V.3.3 Propiedades físicas y mecánicas en vigas con relación a la edad del árbol. 112

### V.4 Agrupamiento de la madera Eucalipto Saligna según Norma.

- V.4.1 Clasificación según norma E-101. 116
- V.4.2 Propiedades que asume el Eucalipto Saligna según norma. 117
- V.4.3 Verificación de los efectos de corte. 118

## CAPITULO VI: COMPARACIÓN DE RESULTADOS

### VI.1 Características físicas y mecánicas de otros tipos de Eucalipto en el Perú.

- VI.1.1 Correlación entre la resistencia y rigidez en flexión vs. Densidad Básica para vigas de Eucalipto Saligna. 121
- VI.1.2 Comparación entre el E. Saligna y el E. Globulus. 124

VI.1.3 Comparación entre el E. Saligna y otras especies madereras de propiedades similares.	129
<b>VI.2 Características físicas y mecánicas de Eucalipto Saligna en otros países</b>	
VI.2.1 El Eucalipto Saligna en Sudamérica.	132
VI.2.2 El Eucalipto Saligna en Centro América.	133
VI.2.3 Valores posibles para otras propiedades del E. Saligna.	136
<b>CAPITULO VII: ANALISIS DE PRODUCCION Y COSTOS</b>	
<b>VII.1 Volúmenes de producción actual en Oxapampa y otras provincias.</b>	
VII.1.1 Registros de producción de madera en el país.	137
VII.1.2 Producción esperada del E. Saligna en Villa Rica.	141
<b>VII.2 Costos locales y regionales para Villa Rica.</b>	
VII.2.1 Evaluación económica del proyecto por Hectárea.	143
VII.2.2 Costos para otras localidades de la región y Lima.	145
<b>VII.3 Proyecciones a corto y mediano plazo.</b>	
VII.3.1 Ingresos globales proyectados para la industria maderera local en Villa Rica.	146
VII.3.2 Comparaciones entre la Caoba, el Cedro y el E. Saligna.	147
VII.3.3 Influencia en el desarrollo para la localidad de Villa Rica y pueblos vecinos.	148
CONCLUSIONES.	150
RECOMENDACIONES.	153
BIBLIOGRAFÍA.	155
ANEXOS.	157
Anexo A - Fotos.	
A.1-Del proceso de muestreo en campo.	
A.2-De los ensayos realizados.	
Anexo B - Registros de Laboratorio.	
B.1-Gráficos y ajustes lineales para vigas.	
B.2-Gráficos y ajustes lineales para probetas.	
Anexo C - Normas empleadas.	
C.1-E.101: Agrupamiento de Maderas para uso Estructural.	
C.2- ITINTEC 251.107 MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural.	

## INTRODUCCION

El uso en la construcción de materiales como la madera en el Perú es limitado, aún cuando nuestro país cuenta con una extensión territorial de más de 65'000 000 de hectáreas de bosques tropicales. Ello debido, entre otros motivos, a la poca información difundida y escasa capacitación de personal técnico, así como al poco apoyo real al empresariado forestal de parte de nuestras autoridades.

En 1980 se hicieron una serie de estudios con maderas de distintas especies de los países de la Comunidad Andina, en el marco de los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT). Se editaron una serie de textos los cuales compilan muy buenas referencias sobre las maderas estudiadas y de los cuales se desprenden temas como el diseño con maderas y la preservación de las mismas, incluyendo el método de clasificación visual. Pero desde entonces, no se tiene en el Perú una actualización de otras maderas aún no clasificadas para uso estructural.

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad determinar la clasificación de la madera de Eucalipto Saligna en un grupo estructural según la Norma E.101 "Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural", para lo cual se ensayaron vigas a escala natural y probetas libres de defectos, según normas ITINTEC. Realizados los análisis respectivos se pudo hallar las propiedades físicas y mecánicas, requeridas por norma, para esta especie.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de contar con mayor información sobre las propiedades físicas y mecánicas de nuevas especies madereras, siguiendo una metodología coherente con las normas vigentes y con la asesoría de especialistas en cada etapa del proyecto. Este proceso trae consigo la confiabilidad en los datos obtenidos y de ello se pueden derivar beneficios reales para la localidad de Villa Rica, en la Provincia de Oxapampa, Dpto. de Pasco, de donde se extrajeron las muestras.

Para el logro de los objetivos planteados se tuvo el apoyo de entidades como el SENCICO, a través del Dpto. de Investigación y Normalización, y la

Universidad Nacional de Ingeniería, pues el habilitado final de las muestras se hizo en la carpintería de la UNI y los ensayos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la Facultad de Ingeniería Civil (FIC-UNI). También se hicieron coordinaciones con empresarios forestales particulares de la localidad de Villa Rica, quienes nos brindaron las facilidades necesarias para el buen desarrollo del proceso de la colección de muestras.

Si bien existieron algunas dificultades propias de este proceso, como ligeros retrasos en el transporte y en el habilitado final de las vigas, éstas no afectaron la calidad de los ensayos, pues estaban contemplados en la programación de actividades.

Se espera que el presente trabajo contribuya a incentivar la alternativa de la construcción con madera calificada, así como alentar los trabajos de investigación relacionados con otras especies madereras y otros materiales de construcción no convencional.

Deseo hacer público mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron directamente en el desarrollo de la tesis, especialmente a los ingenieros Gaby Esparza Requejo y Raúl Párraga por parte de SENCICO; a los señores Aldo Arboccó Yohann por su generoso aporte desde Lima, a su hijo Anderson y a José Arboccó, quienes hicieron posible el desarrollo del trabajo en el bosque y en el distrito de Villa Rica. Finalmente mi agradecimiento por la asesoría al Ing. Hernán Arboccó Valderrama y al Dr. Ing. Hugo Scaletti Farina, sin cuyas participaciones no hubiese empezado ni terminado este trabajo.

R.V.T.



## RESUMEN

La especie de Eucalipto Saligna (*Eucalyptus Saligna* Gum, Sydney Gum ó Saligna Smith) fue introducida al Perú desde Brasil, a inicios de los años ochentas, hace menos de 25 años, por lo que se entiende que sus plantaciones son jóvenes en nuestro país, aunque de amplio uso en otros países vecinos. Las muestras fueron recolectadas del bosque cercano al distrito de Villa Rica, en la provincia de Oxapampa. Se seleccionaron 06 trozas pertenecientes a 05 árboles distintos, según norma, los cuales tenían: los menores 15 y los mayores 18 años de edad.

Siguiendo el procedimiento indicado en la norma E.101, los resultados a tener en cuenta para la clasificación de la especie maderera serían los que se obtengan de ensayar vigas a escala natural en estado verde, es decir con un Contenido de Humedad superior al 30%. Se ensayaron 40 vigas a escala natural, de dimensiones 4.0 cm x 14.0 cm x 360.0 cm de longitud, y 20 probetas de 5.0 cm x 5.0 cm x 75.0 cm de longitud, que fueron ensayadas según las normas de ITINTEC respectivas. Adicionalmente se ensayaron 15 probetas pequeñas de 2.5 cm x 2.5 cm x 41 cm de longitud. Al momento de los ensayos las vigas tenían un C.H. promedio de 46%, para las probetas de 75 cm el C.H. fue de 28%, y para las probetas más pequeñas el C.H. fue de 26%. El trabajo de campo se realizó a mediados del año pasado 2005 y los ensayos en laboratorio se hicieron tres meses después, entre los meses de setiembre y octubre.

Para las vigas, la densidad básica resulta ser:  $DB = 0.61 \text{ g/cm}^3$ ; los esfuerzos de resistencia a la flexión en sus valores promedio y mínimo son:  $f_{mu \text{ prom}} = 639 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_{mu \text{ min}} = 514 \text{ kg/cm}^2$  (Valor 0.05N ascendentemente). En cuanto a su elasticidad, los valores para el Módulo de Elasticidad aparente son:  $MOE_{a \text{ prom}} = 135.4 \text{ ton/cm}^2$  y  $MOE_{a \text{ min}} = 110.9 \text{ ton/cm}^2$ . La influencia del efecto de corte es menor del 4% para el MOE real promedio y cerca del 1% para el mínimo ( $MOE_{r \text{ prom}} = 140.5 \text{ ton/cm}^2$  y  $MOE_{r \text{ min}} = 110.3 \text{ ton/cm}^2$ ).

Con estos resultados y luego de los análisis realizados, se concluye en que la madera del Eucalipto Saligna pertenece al Grupo B Estructural, para maderas del Perú.

Con los valores obtenidos y algunos proyectados a los contenidos de humedad requeridos, se pudo comparar los resultados del E. Saligna con valores del Eucalipto Globulus en el Perú, resultando el Saligna ligeramente de mayor densidad y con una significativa mayor resistencia a la Flexión, aunque ambos pueden clasificar en el mismo grupo estructural.

También se ofrecen varios gráficos comparando al Eucalipto Saligna con otras especies del Perú, tanto en sus propiedades físicas y mecánicas como en la producción y tiempo de retorno, observándose las ventajas posibles que ofrece esta especie con relación a algunas otras maderas más comercializadas. También se tienen comparaciones con valores para el E. Saligna en otros países de Latino América, los cuales guardan una aceptable concordancia con los obtenidos en el presente trabajo.

Finalmente, se presentan algunas proyecciones a corto y mediano plazo, que pueden contribuir a incentivar la inversión en el sector forestal y específicamente con esta especie maderera, lo que significaría la obtención de beneficios inmediatos y otros potenciales para la localidad de Villa Rica, y también para su región.

## CAPITULO I:

# ANTECEDENTES

## I.1- LA MADERA EUCALIPTO.

La Madera tiene una composición leñosa (celulosa, poliosas y lignina) y se encuentra al interior de la corteza de los árboles. Según este concepto podemos apreciar los distintos tipos de madera que nos ofrece la naturaleza, aún los menos pensados y que los tenemos al alcance de la mano en el día a día, y que no siempre reparamos en su utilidad.

Según sus características morfológicas y anatómicas (Identificación Sistemática), los árboles del Género Eucalipto (*Eucalyptus*) pertenecen en general a la Familia Myrtaceae. Dentro de este género, se identifican diferentes especies, una de las cuales es el *Saligna*, materia de nuestro estudio.

### I.1.1 TIPOS DE EUCALIPTO MAS COMUNES

El Eucalipto, en sus diferentes especies, está adquiriendo cada vez mayor interés para la industria forestal, tanto a nivel latino americano, por sus extensas áreas de selva, como en el resto del mundo, sea como productores (Industriales) ó consumidores. El sustento para esta atención se basa en su adaptabilidad a diversos climas y ambientes, la diversidad de usos, y su gran capacidad de crecimiento bajo condiciones de una silvicultura supervisada.

En nuestro país, al hablar de Eucalipto por lo general nos referíamos a la especie *Glóbulus Labill*, del que se tiene cierta información por estudios realizados con anterioridad.

Sin embargo, a nivel de Latinoamérica, y a nivel mundial, es necesario identificar el tipo de Eucalipto (En Australia se tienen más de 600 especies identificadas), pues se trabaja bastante y con diversos usos con el Eucalipto *Camaldulensis*, el *E. Citriodora*, el *E. Globulus*, el *E. Grandis*, el *E. Saligna*, entre otras especies.

### **I.1.2 EL EUCALIPTO GLOBULUS EN EL PERU.**

Se tienen forestaciones con el Eucalipto, especie Globulus (Sub especie Labill), en provincias como Junín, y en menores proporciones en Cajamarca y Cuzco.

Podemos resumir algunos datos de trabajos anteriores de tesis de grado: Martínez (1973), Balbuena (1999) y Raymundo (1991), para tener presente algunas propiedades físicas y mecánicas del E. Globulus, analizar y sacar algunas conclusiones.

#### **Características externas:**

Es un árbol que puede alcanzar los 50 a 60 m de altura, y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 1.00 m . La corteza externa es de color café plomo, consistencia escamosa<sup>9</sup>.

Sus hojas jóvenes son opuestas, dispuestas en ramitas de sección cuadrangular no pecioladas, herbáceas, glaucas, de 14-16 cm de longitud y 3 a 5 cm de anchura. Las ramas adultas son alternas pecioladas, de color claro, redondeadas y flexibles. Sus flores son solitarias, axilares sin pedicelo. Sus frutos no peciolados grandes, semipiramidales<sup>7</sup>.

El color de la madera del Eucalipto Globulus está entre marrón muy pálido en la albura y un rosado grisáceo en el duramen<sup>26</sup>. Su albura es susceptible a la pudrición y al ataque de insectos xilófagos, por lo que se clasifica como madera de baja durabilidad. El duramen es mas resistente, pero si está en contacto con el suelo, su durabilidad es solo moderada, por lo tanto, para estos usos la madera E. Globulus debe ser tratada (preservada)<sup>9</sup>.

#### **Propiedades físicas:**

- Peso específico : de 0.70 a 0.80
- Contenido de humedad : se especifica en cada ensayo.

#### **Propiedades mecánicas:**

- Flexión Estática: En 1973 se ensayaron 32 muestras (Lima-UNI)<sup>7</sup>, con las siguientes características:

---

<sup>9</sup>Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional”

Ancho	: 2.00 cm	Longitud	: 34.00 cm
Alto	: 1.99 cm	Sección	: 3.96 cm <sup>2</sup>
Peso natural	: 90.61 g		
Peso seco al horno	: 77.45 g		
C.Humedad	: 13.5 %		
Carga Máxima	: 187 kg		

- Flexión en vigas rollizas: En 1991 se ensayaron 20 muestras (Pucará-Universidad Nacional del Centro del Perú), tomadas en zonas de valle y 20 muestras de ladera<sup>8</sup>:

MOE valle	: 124 930 kg/cm <sup>2</sup>
MOE ladera	: 138 147 kg/cm <sup>2</sup>

- ❖ Nótese que las dimensiones usadas para estos ensayos no guardan concordancia con las exigencias para Uso Estructural (Norma E-101), ya sea por la finalidad del estudio ó por la época y lugar en que se realizaron.

### **Técnicas de Secado del Eucalipto Globulus:**

La presencia de tilosis, depósitos y extractivos en el duramen disminuyen su capacidad de evaporación. Esto, unido al hecho de que la madera del E. Globulus presenta una marcada tendencia a las grietas y rajaduras, hacen necesario que se utilicen técnicas adecuadas para el secado, como la deflamación (Lavado con abundante agua limpia), que permite eliminar parte de las sustancias extractivas y que dificultan el proceso de secado<sup>9</sup>.

Se pueden clasificar los métodos de Secado según el Cuadro 1.1 .

De estas opciones, fueron ensayadas las seis primeras. (Lima, 1999). El procedimiento del Horno Regulable se indica como la mejor opción de secado, puesto que presenta menos defectos en comparación con los demás métodos, y se puede llegar a contenidos de humedad esperados ó proyectados.

*\*Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

El secado acelerado ó presecado es el método más sencillo, económico, y que muestra según los defectos de la madera ser la segunda mejor opción de secado.

**Cuadro 1.1: METODOS Y PROCEDIMIENTOS DE SECADO**

METODO	PROCEDIMIENTOS
Natural	- Secado a la Intemperie. - Secado bajo Techo.
Artificial	- Secado con Deshidratador Solar. - Secado Acelerado o Presecado. - Secado con Horno Regulable. - Secado con Horno de Arcilla.
Especial	- Secado por métodos Químicos. - Secado con Aplicación Directa de Electricidad. - Secado al Vacío.

Fuente: Balbuena (1999)<sup>9</sup>

- ❖ Estas técnicas de secado se pueden utilizar también para el Eucalipto Saligna, pues tanto el E. Saligna como el Globulus tienen propiedades físicas similares, aunque algunas de ellas diferenciadas, como veremos en los siguientes capítulos. Para mayores detalles se pueden consultar los trabajos de la JUNAC y tesis que citamos como consulta bibliográfica.

Además se tiene información de ensayos sobre probetas en los trabajos del Ing. Aróstegui con la UNALM (1974), y sobre vigas y probetas ensayadas por el PADT-REFORT de la JUNAC (1980 – 1983), que citaremos en los últimos capítulos.

*“Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional”*

## **I.2- TIPOS DE MADERA USUALES EN LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERU.**

La madera en general es un material que reúne condiciones propicias y casi ideales para la construcción, pues es un material natural, trabajable y económico.

### **I.2.1 CUALIDADES DE LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.**

Si se le trabaja planificadamente puede ser manejable y modulable, por lo tanto se presta también para un trabajo con un buen índice en el aspecto de la seguridad.

Es económico, pues el proceso previo a su utilización es en forma natural (extracción) e industrial (secado, aserrado y transporte), habiendo una sustancial diferencia con los montos presupuestales de otros materiales como el acero, el ladrillo, y los insumos para el concreto (cemento y agregados).

Además, al ser un elemento que se extrae directamente de la naturaleza, no afecta al Medio Ambiente como si lo hacen otros materiales durante su proceso de fábrica.

### **I.2.2 ESPECIES MADERABLES ESTUDIADAS EN EL PERU.**

Se conocen mas de 2500 especies de árboles identificadas en nuestra amazonía, de las cuales solo un promedio de 205 de estas especies han recibido algún tipo de atención científica o estudio preliminar.

Menos alentador es el número de especies que se comercializan con frecuencia, como veremos en el siguiente punto. Con el esfuerzo de algunas entidades como: La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), la JUNAC, el INRENA, el SENCICO y otros colaboradores y empresas particulares, se tienen registros de propiedades de árboles por géneros.

Sin embargo, la mayoría de estos trabajos no avalan que sean maderas para uso estructural, pues el estudio que se les dio tenía la finalidad de Clasificarlas como especie maderera, y los ensayos a que fueron sometidos estuvieron bajo las exigencias de normas como las de ITINTEC referidas a determinar solo sus propiedades tecnológicas.

**Cuadro 1.2: PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE MADERAS ESTUDIADAS**

Nº	ESPECIE	DENSIDAD BASICA (g/cm <sup>3</sup> )	CONTRACCIONES (%)			RELACION T/R	DUREZA	FORMA DE LA TROZA	COLOR	GRANO	TEXTURA
			TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA						
1	Agvano Masha	0,73	4,90	2,71	7,47	1,81	Alta	Irregular	Albura amarillenta duramen marrón	Recto a entrecruzado	Fina
2	Ana Caspi	0,80	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Alta	Cilindrica	Pardo amarillo	Oblicuo	Fina
3	Andiroba	0,54	8,00	3,90	12,10	2,05	Media	Regular	Pardo rojizo	Recto a entrecruzado	Media
4	Azúcar Huayo	0,62	7,30	3,30	11,20	2,20	Alta	Regular Cilindrica	Pardo oscuro	Entrecruzado	Media
5	Bolaina blanca	0,41	5,50	3,50		1,57	Media	Cilindrica	Blanco	Recto	Media
6	Cachimbo blanco	0,59	7,58	4,96	12,10	1,50	Media/Alta	Regular	Pardo claro	Recto	Media
7	Cafecillo Huayruro	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Media	Cilindrica	Pardo marrón	Entrecruzado	Media
8	Capirona	0,76	9,00	5,00	15,00	1,80	Alta	Cónica regular	Blanco pardusco	Recto a entrecruzado	Muy fina
9	Carahuasca	0,52	7,98	3,91	11,50	2,04	Baja	Irregular	Marrón rojizo	Recto	Media
10	Caraña	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Media	Cilindrica	Beige	Entrecruzado	Media
11	Catahua	0,41	5,81	3,43	9,00	1,69	Media	Cilindrica	Amarillo cremoso	Recto a entrecruzado	Media
12	Cedrillo	0,49	7,62	4,13	11,80	1,84	Media	Regular	Pardo rojizo	Recto	Media
13	Copaiba	0,61	3,40	7,00	10,70	1,90	Media	Cilindrica	Marrón rojizo	Recto a entrecruzado	Media
14	Copal	0,56	5,30	4,50	10,30	1,18	Media	Cilindrica	Pardo medio	Recto a entrecruzado	Media
15	Estoraque	0,78	6,52	4,16	9,97	1,57	Alta	Cilindrica	Marrón rojizo	Recto a entrecruzado	Media
16	Higuerilla	0,52	10,52	6,53	17,75	1,61	Media	Cilindrica	Albura beige, duramen rojo veteado	Recto	Media
17	Hualaja	0,47	7,98	4,29	11,40	1,90	Media	Irregular	Amarillo	Entrecruzado	Media
18	Huangana Casha	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Media/Alta	Irregular	Pardo	Entrecruzado	Media
19	Huayruro	0,61	6,30	3,19	9,40	1,98	Alta	Cilindrica	Beige rojizo	Entrecruzado	Gruesa
20	Manchinga	0,68	8,13	4,98	12,40	1,60	Alta	Irregular	Blanco amarillento	Recto a entrecruzado	Fina



Nº	ESPECIE	DENSIDAD BASICA (g/cm <sup>3</sup> )	CONTRACCIONES (%)			RELACION T/R	DUREZA	FORMA DE LA TROZA	COLOR	GRANO	TEXTURA
			TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA						
21	María buena	0,36	6,51	2,66	9,30	2,44	Baja	Irregular	Blanco cremoso	Oblicuo	Media
22	Mari Mari	0,57	7,14	3,57	10,80	2,00	Media/Alta	Cilindrica	Amarillo fuerte	Recto	Gruesa
23	Marupa	0,36	6,95	2,91	8,60	2,38	Baja	Cilindrica	Crema	Recto	Media
24	Mashonaste	0,56	6,30	3,00	9,40	2,10	Media	Cilindrica	Amarillo fuerte	Recto	Gruesa
25	Moena amarilla	0,56	9,00	4,30	9,40	2,09	Media	Regular	Amarillo	Entrecruzado	Media
26	Ojé blanco	0,36	6,40	2,20	8,60	2,90	Baja	Regular	Blanco	Recto a entrecruzado	Media
27	Ojé renaco	0,43	5,56	2,11	7,55	2,64	Alta	Cilindrica	Blanco amarillento	Recto	Media
28	Ojé rosado	0,42	8,69	4,17	12,49	2,08	Alta	Cilindrica	Beige claro	Recto a entrecruzado	Media
29	Panguana	0,49	6,88	3,71	9,69	1,90	Alta	Cilindrica	Pardo claro	Recto a entrecruzado	Media
30	Pashaco	0,45	7,25	3,21	9,49	2,26	Media	Cilindrica	Blanco pardusco	Entrecruzado	Media
31	Pashaco (Iquitos)	0,53	5,57	2,98	8,65	1,86	Media	Irregular	Rosado pardo claro	Recto a entrecruzado	Media
32	Paujil Ruro	0,62	9,34	4,22	12,80	2,20	Media	Irregular	Blanco cremoso	Entrecruzado	Media
33	Pumaquiro	0,67	8,08	4,10	12,38	1,97	Alta	Cilindrica	Pardo rojizo	Entrecruzado	Fina
34	Quillosisa	0,51	10,48	4,44	15,50	2,36	Media	Regular	Pardo claro	Recto a entrecruzado	Media
35	Requia	0,60	10,14	5,59	14,90	1,81	Media	Irregular	Rojizo	Recto	Media
36	Shihuahuaco	0,87	9,10	5,50	15,00	1,60	Alta	Regular	Marrón	Entrecruzado	Gruesa
37	Shiringarana	0,39	8,51	3,51	10,30	1,85	Baja	Regular	Rosado amarillento	Recto	Media
38	Tahuari	0,92	8,88	5,69	13,85	1,56	Alta	Regular	Albura amarillenta duramen marrón oscuro	Entrecruzado	Fina
39	Ubos	0,35	7,44	3,18	10,00	2,34	Baja	Irregular	Blanco cremoso	Recto a entrecruzado	Gruesa
40	Utucuro	0,61	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Media	Regular	Pardo	Recto	Media
41	Yacushapana	0,73	8,59	4,93	12,30	1,70	Alta	Regular	Pardo oscuro	Entrecruzado	Media

FUENTE CNF-INRENA-OIMT <sup>1</sup>

### **I.2.3 ESPECIES MADERABLES MAS COMERCIALIZADAS EN EL PERU**

Aún cuando la mayoría de esas 41 especies de la tabla 1.2 figuran en los catálogos de las diferentes madereras en Lima (Inclusive figuran algunas otras), solo se comercializan el 50% de ellas, es decir el 10% de nuestras especies estudiadas. Esto se entiende debido a diversos factores, como:

- Al poco apoyo que se le da a los empresarios nativos, que no tienen las facilidades para sacar sus maderas.
- A la poca difusión que se le da al conocimiento de las propiedades de maderas estudiadas.
- Al poco interés del mercado, productores y consumidores, de valorar los esfuerzos que se hacen en el campo de la investigación, ya que están acostumbrados a coger lo que está al alcance de la mano, priorizando el aspecto económico al de la calidad.

Entre las maderas mas comercializadas (Lima y provincias), podemos mencionar:

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| • Bolaina          | • Huayruro       |
| • Caoba            | • Higuierilla    |
| • Cachimbo         | • Ishpingo       |
| • Capirona         | • Lupuna         |
| • Cedro            | • Moena amarilla |
| • Cedro virgen     | • Moena negra    |
| • Copaiba          | • Nogal          |
| • Catahua amarilla | • Pino (chileno) |
| • Cumala colorada  | • Pumaquiuro     |
| • Diablo fuerte    | • Shihuahuaco    |
| • Eucalipto        | • Tornillo       |
| • Estoraque        | • Utucuro        |

Cabe resaltar que muchas empresas (Como las del Parque Industrial en Villa El Salvador) confeccionan muebles con Pino chileno, pues lo importan seco y preservado, resultándoles mas práctico y económico que la madera nacional.

En la siguiente tabla se muestran las especies mas comercializadas según la SUNAT y el INRENA, en su último anuario (Año 2005).

**Cuadro 1.3 PERÚ: PRODUCCIÓN DE MADERA POR ESPECIE, AÑO 2005**

Nombre Común	ESPECIE		MADERA	
	Nombre Científico		ROLLIZA (m3)	ASERRADA (m3)
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp</i>		186 574,33	49 905,13
Cumala	<i>Virola sp</i>		181 848,57	109 509,46
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>		139 699,26	82 624,62
Cedro/Cedrillo/...	<i>Cedrela sp</i>		102 359,95	73 105,53
Lupuna	<i>Chorisia integrifolia</i>		138 941,85	4 829,84
Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum</i>		87 520,89	54 939,66
Shihuahuaco	<i>Coumarouna odorata</i>		65 182,08	32 829,21
Moena/alcanfor/...	<i>Aniba spp</i>		44 333,00	22 927,43
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>		44 246,05	34 659,78
Catahua	<i>Hura crepitans</i>		35 343,79	26 472,49
Estoraque	<i>Myroxylon balsamun</i>		34 386,50	14 419,38
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>		31 135,82	19 184,06
Copaiba	<i>Copaifera reticulata</i>		30 546,70	17 490,46
Manchinga	<i>Brosimum sp</i>		22 900,87	14 272,97
Pashaco	<i>Schizolobuim sp</i>		19 340,79	9 685,99
Cachimbo	<i>Cariniana domesticata</i>		18 825,46	10 455,22
Bolaina	<i>Guazuma crinita</i>		18 561,53	24 327,32
Huimba	<i>Ceiba pentandra</i>		15 107,02	8 548,51
Pumaquiro	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>		14 214,00	7 560,31
Aguano Cumala	<i>Virona albidiflora</i>		11 717,80	4 442,14
Ishpingo	<i>Amburana cearensis</i>		9 742,72	4 466,44
Roble			9 129,52	5 209,11
Huayruro	<i>Ormosia sunkei</i>		8 680,80	4 895,17
Missa	<i>Couratari guianensis</i>		8 653,23	2 936,80
Marupa	<i>Simarouba amara</i>		8 631,72	6 518,53
Utucuro	<i>Septotheca tessmannii</i>		8 108,97	5 598,32
Tahuari	<i>Tabebuia sp</i>		8 097,23	4 069,98
Nogal	<i>Junglan spp</i>		7 942,70	3 511,52
Lagarto Caspi	<i>Calophyllum brasiliense</i>		7 331,29	3 257,42
Azucar Huayo	<i>Hymenaea spp</i>		6 627,38	2 330,35
Capinuri	<i>Clarisia biflora</i>		6 515,58	3 377,30
Sapote	<i>Matisia spp</i>		6 301,87	2 972,92
Pino	<i>Pinus sp</i>		6 137,53	2 662,37

Fuente: INRENA (2006)<sup>23</sup>

### **I.3- USO ESTRUCTURAL DE LA MADERA. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MADERA**

Su frecuente uso en acabados, a veces contrarresta la posibilidad de que el usuario tome la alternativa de su uso como elemento estructural. Para ello es necesario conocer el agrupamiento estructural y/o las propiedades físicas y mecánicas de la madera a utilizar, y sus usos posibles.

#### **I.3.1 AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO ESTRUCTURAL EN EL PERU.**

Las propiedades tecnológicas vistas en el Cuadro 1.2 fueron obtenidas en probetas libres de defectos, lo que no es suficiente para definir propiedades de diseño a fin aplicarlos a elementos de escala natural, pues estos generalmente si tienen defectos, los cuales alteran sus resistencias.

Por ello es necesario seguir el procedimiento que indica la Norma Técnica de Estructuras E-101 . La metodología a seguir se basa en la obtención de valores de la Densidad Básica (Db) y de Resistencia Mecánica, mediante ensayos realizados a vigas en escala natural.

#### **Especies Maderables estudiadas por el PADT-REFORT**

Fueron 20 las especies peruanas estudiadas (Con ensayos sobre probetas) para el proyecto "Estudio integral para la madera en la Construcción", que formó parte de los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el área de Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT)<sup>25</sup>. La siguiente relación las cita por su nombre mas común:

- Maquizapa ñagcha
- Manchinga
- Cachimbo
- Tornillo
- Copaiba
- Estoraque
- Casho moena
- Diablo fuerte
- Palo sangra amarillo
- Ucshaquiuro blanco
- Pumaquiuro
- Panguana
- Almendro
- Huimba
- Catahua amarilla
- Moena negra
- Huayruro
- Chemicua
- Palo sangre negro
- Marupa

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

### Maderas clasificadas para Uso Estructural (1983)

Presentamos el cuadro con las nueve especies clasificadas como madera para uso estructural, pues para ello si se hicieron los respectivos ensayos sobre vigas. Se incluyen las densidades básicas para cada especie.

**Cuadro 1.4 Maderas para uso estructural (Perú).**

GRUPO	NOMBRE COMUN	Db (g/cm <sup>3</sup> )	NOMBRE CIENTIFICO
A	Estoraque	0.78	Myroxion peruiferum
	Palo sangre negro	0.72	Pterocarpus sp.
	Pumaquiro	0.67	Aspidosperma macrocarpon
B	Huayruro	0.60	Ormosia coccinea
	Manchinga	0.68	Brosimum uleanum
C	Catahua amarilla	0.41	Hura crepitans
	Copaiba	0.60	Copaifera officinalis
	Diablo fuerte	0.53	Podocarpus sp.
	Tornillo	0.44	Cadrelinga catanaeformis

Fuente: PADT-REFORT (1984)<sup>4</sup>.

Según la Norma E-101 una primera pre-clasificación se da con los valores de densidad básica de la especie en estudio. Para valores mayores a 0.70 g/cm<sup>3</sup> clasifican en el grupo A, para valores entre 0.55 y 0.70 g/cm<sup>3</sup> clasifican en el grupo B, y para valores entre 0.55 y 0.40 g/cm<sup>3</sup> clasifican en el grupo C. Para valores menores a 0.40 g/cm<sup>3</sup> se puede proponer de ser necesario, un siguiente grupo D<sup>17</sup>. La explicación de porqué el Pumaquiro pertenece al grupo A teniendo una D.B. < 0.70 g/cm<sup>3</sup> es por su Resistencia Mecánica, que define la clasificación.

Se han estudiado varias otras especies desde entonces, pero no todos estos trabajos han cumplido con las exigencias de la norma E-101. Se espera que el SENCICO próximamente elabore una nueva relación actualizada con la clasificación de maderas para uso estructural.

*\*Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional\**

### I.3.2 TIPOS DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MADERA.

Existen sistemas constructivos definidos de acuerdo al estilo de la utilización de la madera estructuralmente. Son una alternativa para la Industria de la Construcción y forman parte de los denominados Sistemas Constructivos No Convencionales (SCNC).

Se conoce como SCNC en América Latina a los diversos sistemas constructivos producto de la investigación, que emplean como insumos materiales no tradicionales - entendiéndose por tales a materiales como el Concreto Armado ( $f'c = 175, 210 \text{ kg/cm}^2$ ) y el ladrillo de arcilla cocida como elementos portantes - ó incluyendo algunos de estos materiales, pero con variantes constructivas que den como resultado una edificación segura y **más económica** con respecto de los sistemas tradicionales, siendo el aspecto económico uno de los factores principales para la inversión en Investigación en materiales de construcción.

Entre los tipos de Sistemas Constructivos con Madera conocidos podemos distinguir los siguientes:

#### A) Sistemas Constructivos No Industrializados

En este tipo de sistemas la cantidad de trabajo hecho en la planta de fabricación es mínima, y se usa la madera en estado rollizo, con adobe, caña, paja, etc. con muy poca o ninguna transformación. Estos sistemas son usados principalmente para uso habitacional a nivel rural, construcciones de tipo agropecuario (graneros, establos, granjas), viviendas taller o pequeñas industrias de tipo artesanal<sup>4</sup>.

A este tipo pertenecen:

**A.1) Sistema Vernacular.-** Es el más antiguo sistema que trabaja con madera en el lugar de la obra, con materiales locales. La madera sufre poca o ninguna transformación, necesitando sistemas de transporte pesado. Es muy popular en los países andinos y sus variantes dependen de las condiciones geográficas y el clima de la zona.

Ejemplos que pertenecen a este tipo de sistema: los que usan madera rolliza, madera en combinaciones con adobe, la quincha, etc.

---

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

**A.2) Sistema Habilitado ó Semi Precortado.-** Utiliza madera cortada en los aserraderos en sección transversal, dejando cortes de longitud, perforaciones y detalles para ser trabajados en obra. Para ello se requiere el empleo de mano de obra semi calificada, que empleará herramientas e carpintería simple, como martillo, escuadra, prensa, serrucho, etc.

Su uso está alentado en lugares cercanos a los abastecedores de materiales de construcción prefabricados. Requiere, además, de documentación técnica como planos listado de piezas y detalles arquitectónicos para obtener productos de buena calidad y con mejores acabados.

## **B) Sistemas Constructivos Semi Industrializados**

Se pueden ubicar aquí los sistemas que emplean similares porcentajes de trabajo realizados en planta con los realizados en obra. Así, las cantidades de algunos elementos son merecedoras de su prefabricación a gran escala, pero sin llegar a componentes volumétricos ni al ensamblaje de paneles<sup>4</sup>.

**B.1) Sistema Pre Cortado.-** Emplea elementos prefabricados en planta y transportados al lugar de la obra y allí ensamblados para su levantamiento. La madera es habilitada en los aserraderos tanto en sección transversal como en su longitud, incluyendo rebajos, perforaciones y detalles.

Luego de prefabricados, los elementos deben ser marcados o codificados para su identificación y almacenamiento. Este sistema no usa maquinaria sofisticada durante el proceso de prefabricación, por lo que puede ser empleado en carpinterías pequeñas, cuando el número de repeticiones justifique el proceso.

## **C) Sistemas Constructivos Industrializados**

Incluyen la mayor parte del trabajo en planta, prefabricando desde paneles modulares que son ensamblados y erigidos en obra, hasta unidades habitacionales terminadas, dejando solo la cimentación y montaje para el trabajo en obra<sup>4</sup>.

---

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

**C.1) Sistema de Prefabricación Parcial.-** Se pueden agrupar en sistemas apanelados y sistemas de componentes.

**Sistema de Prefabricación de Paneles.-** La intención de hacer componentes de construcción para un sistema modular es la de poder ser manipulados y erigidos por dos hombres sin la necesidad del uso de grúas ni otras formas de izamiento que encarezcan el proceso de montaje. Es un sistema constructivo que goza de las preferencias para diseños arquitectónicos, pues permite variedad de proyectos, con distinta distribución, usando los mismos paneles modulares.

**Sistema de Prefabricación de Componentes.-** Se hacen en planta grandes componentes de piso, muro y techo incluyendo en algunos casos instalaciones y acabados primarios, transportándolos luego a obra para su montaje. Este sistema es apropiado cuando se dispone de grúas o equipos de izamiento, pues reducen los problemas de ensamblaje que se pueden presentar en el sistema a base de paneles.

**C.2) Sistema de Prefabricación de Total.-** Las unidades habitacionales se terminan en la planta de prefabricación, exceptuando solo la cimentación y ciertos muebles. Las dimensiones de construcción de estas unidades volumétricas puede variar entre 10 a 50 m<sup>2</sup> de área. Este sistema permite al cliente ver en forma real como lucirá su producto final antes de ser instalado en su ubicación definitiva.

Debido a la conveniencia de construcción masiva, los costos por unidad fabricada se pueden considerar económicos, pero el costo final será afectado por el transporte, siendo convenientes en proyectos de minas, hidroeléctricos, de irrigación, etc.



## I.4- USO NO ESTRUCTURAL DE LA MADERA.

Los usos más conocidos de la Madera en la Industria de la Construcción se da en los acabados, bajo diferentes modalidades y estilos, y como consecuencia, con variabilidad de costos.

### I.4.1 LA MADERA EN ACABADOS.

Es común apreciar la madera:

- En vanos: marcos, puertas y ventanas.
- En pisos: laminados, parquet, entablado, etc.
- En escaleras: pasos, contrapasos.
- Molduras de barandas y pasamanos.
- Zócalos y Contrazócalos.
- Separadores de ambientes ó tabiquería.
- Enchapes y cielo raso.
- Rodones, tapa juntas.
- Mobiliario: fijos y móviles, etc.

### I.4.2 CLASIFICACION DE MADERA NO ESTRUCTURAL.

Según su densidad, se puede resumir en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.6 Clasificación de madera no estructural según su densidad.**

TIPO	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	USOS RECOMENDADOS
MADERA DURA	0.88 – 1.12	Pisos, pasos de escalera, enchapes.
MEDIANAMENTE DURA	0.72 – 0.88	Marcos de puertas y ventanas, cielo raso, paredes, molduras, etc.
MADERA BLANDA	0.40 – 0.72	Molduras de pasamanos, barandas, zócalos, rodones, tapa juntas, etc.

Fuente: PADT-REFORT (1984)<sup>4</sup>.

Para esta clasificación estamos refiriéndonos a la densidad relativa, obtenida al 15% de contenido de humedad. Pero la madera no estructural deberá trabajarse seca, con un C.H. cercano al de equilibrio o al clima normal de la zona de uso.

Otro tipo de clasificación se puede dar por su presentación en obra:

- Madera Vista: De mejor calidad, buena apariencia y limpia de defectos. Será expuesta al natural ó con revestimiento transparente.
- Madera Cubierta: Puede ser de menor calidad, y se permiten algunos defectos. Será cubierta por barnices opacos, pintura u otros.

### **I.4.3 OTROS USOS DE LA MADERA.**

Se tienen múltiples aplicaciones, pues la industria forestal abastece de materia prima a otras industrias. Entre esos usos, que no pertenecen a la industria de la construcción como elementos estructurales o de acabados, podemos mencionar:

- Como pulpa, para la producción de papel.
- Como leña, para secado de infusiones y para uso doméstico.
- Como carbón vegetal, para fabricación de acero, ladrillos, etc.
- Como aceites esenciales, para fines medicinales, farmacéuticos y de cosmetología.
- En utensilios agrícolas.
- Para fabricación de cajas y embalajes.
- En artículos deportivos.
- Como ornamentales, etc.

## **I.5- LA INDUSTRIA MADERERA Y EL MEDIO AMBIENTE.**

Es una verdad científica que al producir madera se genera menos residuos tóxicos que en la producción de otros materiales de construcción. Inclusive es posible contribuir con la preservación del Medio Ambiente a través de la Reforestación, por ejemplo, con la captura de gases tóxicos.

Por ello entraremos a definir brevemente algunos conceptos, a fin de comprender mejor la importancia de la relación entre las actividades industriales y la preservación del Medio Ambiente.

### **I.5.1 EL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES.**

Los **Recursos Naturales** son todos los elementos de la naturaleza, que el hombre puede utilizar para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida. Estos recursos naturales son fuentes de materias primas, como la madera, los minerales, el petróleo, las plantas, el cuero, etc. y que transformados por la mano del hombre sirven para producir diversos bienes para nuestras sociedades.

Todos los recursos naturales del Medio Ambiente se desarrollan en forma integrada, dependiendo uno de otro para su existencia, formando un verdadero equilibrio.

La ciencia que nos ayuda a preservar el medio ambiente es la **Ecología**, que estudia las relaciones e interacciones que existen en un ecosistema, es decir, entre el medio ambiente y todos los seres vivos que la habitan. Un **Ecosistema** es una zona de vida, donde los seres que habitan interactúan con los factores ambientales formando una unidad.

Los **Factores Ambientales** determinan la adaptación y variedad de plantas y animales, por lo tanto, inciden en la distribución de los recursos naturales, sus componentes y la distribución de los seres vivos sobre los ecosistemas.

Estos factores ambientales se pueden diferenciar como: factores biológicos, entre los que se encuentran los seres humanos, los animales, la vegetación, los microorganismos; y factores físicos, como el clima, el suelo (terreno, rocas) y el agua.

### I.5.2 LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y LA CONTAMINACION AMBIENTAL.

Los **Impactos Ambientales** son cambios que se producen en el medio ambiente cuando el hombre realiza alguna actividad o usa los recursos naturales. Estos impactos pueden ser significativos y no significativos, dependiendo de si puede ser absorbido por el mismo medio ambiente (no significativo) o necesita la intervención del hombre para su recuperación (significativo).



Fig. 1.1: Esquema de clasificación de los Impactos Ambientales.

Se conoce como **Contaminación Ambiental** al impacto negativo producido en el medio ambiente debido a la presencia de sustancias extrañas, ó también la ausencia de algunos elementos, lo que origina la alteración de las características físicas, químicas y biológicas de los recursos naturales.

Estas sustancias o contaminantes son producidas por el hombre, generalmente como consecuencia de actividades industriales (Como desechos tóxicos ó la tala indiscriminada). Si tales sustancias no son manejadas correctamente, los daños al medio ambiente pueden ser irreversibles, amenazando toda forma de vida y en casos críticos llegando a la extinción de especies.

### **I.5.3 BENEFICIOS DE LA REFORESTACION DE BOSQUES.**

La reforestación de bosques es una actividad que produce un impacto ambiental significativo positivo, pues se generan una serie de consecuencias saludables tanto ambientales como sociales.

Entre estos beneficios se pueden diferenciar y mencionar:

#### **A nivel medio ambiental:**

- El incremento del número de árboles y especies vegetales.
- La protección de los recursos de agua gracias al follaje y la aspereza de la corteza, que reducen el ritmo de dispersión del agua y favorecen una lenta pero total infiltración de la lluvia en la tierra.
- En las zonas secas, los árboles retienen precipitaciones como la niebla, y permiten que en un medio ambiente aparentemente árido se almacene en el suelo una importante cantidad de humedad.
- Se logra el secuestro de gases tóxicos, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), purificando el aire y contribuyendo a la reducción del calentamiento global de la tierra.
- Aparición de animales en la zona, que mejoran las condiciones medio ambientales iniciales.

#### **A nivel social:**

- Aumento de la captación de aguas en las quebradas, para el consecuente servicio y utilización de la población.
- Generación de fuentes de trabajo, con la extracción racional de árboles y la aparición de la Industria Maderera en las localidades cercanas al bosque.
- Incremento de servicios sociales, debido a las necesidades de la población que vive en la zona.
- Promoción del turismo, que suele crecer en pueblos alejados de la ciudad.

## CAPITULO II

# EL EUCALIPTO SALIGNA

El Saligna es una de las más de 600 especies conocidas del género Eucalipto, provenientes de Australia. En su región de origen es también conocido como Saligna Gum, Sydney Blue ó Blue Gum.

## II.1- SU LLEGADA AL PERU.

### II.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCION EN AMERICA

El Eucalipto Saligna proviene del sureste de Australia. Se le encuentra entre las cuencas de los ríos de la costa de Nueva Gales del Sur y el Estado de Queensland (Entre los 25° y 35° grados de latitud sur). El Saligna crece en valles y laderas, entre la cordillera australiana y el océano. Sus plantaciones se han extendido en el África (Zambia, Mozambique y África del Sur), el resto de Oceanía y América (Brasil, Argentina y Uruguay, principalmente) <sup>20</sup>.

La propagación de los eucaliptos, se inició en 1777 en Inglaterra, más o menos junto con Portugal, y un poco más tarde en toda Europa. El ímpetu que tuvieron en el resto del mundo, se desarrolla a mediados del siglo XIX a través de la región mediterránea de España, Francia, Italia, Grecia, Turquía, pasando a la costa africana y de ahí al continente americano, siendo utilizado en avenidas y caminos, ornamentando paseos, parques, plazas, haciendo de cortinas rompevientos y luego, para proveer de combustible, postes y madera <sup>3</sup>.

En la década de 1880 se introducen los eucaliptos al Estado de California, EE.UU., donde se establecen plantaciones masivas de E. Globulus, pues se pensaba que podía "absorber los gases nocivos" de las zonas pantanosas, que suponían eran la causa del paludismo, además de poseer propiedades curativas contra otras enfermedades (Bronquiales e infecciones respiratorias). Por la misma época se introdujeron especies de Eucaliptos en México, y alrededor de 1904 empezaron las grandes plantaciones comerciales en Brasil.

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

### II.1.2 SU INGRESO AL PERÚ.

El Eucalipto Saligna llega al Perú desde Brasil, a través de un empresario (Sr. Lafora), quien obsequió semillas a algunos cafetaleros de la zona de Villa Rica (1981). Conociendo algunas de las propiedades de los eucaliptos (firmeza, buena resistencia, rápido crecimiento, etc.), estos empresarios cafetaleros sembraron las semillas al borde de los caminos que conducen a sus chacras, a fin de prevenir derrumbes de las laderas por efecto de las lluvias.

En los años siguientes, debido al fenómeno terrorista, muchos pobladores tuvieron que alejarse de su pueblo, dejando sus familias y sus chacras, emigrando a la capital (Lima), e inclusive fuera del país. Luego, al desaparecer el terrorismo, los emigrantes y empresarios fueron retornando, como en el resto del país.

Según experiencias de algunos empresarios, se encontraron eucaliptos caídos. Al trozarlos para retirarlos del camino, vieron con sorpresa que su madera era rojiza (En el Perú se conocía solo el Eucalipto Globulus, cuyo color es más oscuro). Decidieron habilitarla como machihembrado para revestimiento de paredes. El efecto era similar al del cedro. El sobrante fue apilado junto con otra madera corriente de embalaje, la que al cabo de seis meses estaba totalmente apolillada, mientras que la madera del E. Saligna permanecía sana. Los empresarios reconocieron que estos árboles no tenían más de 12 años de edad, y podían ofrecer un promedio de 1300 pt. Es así como se empiezan a sembrar las primeras 20 hectáreas con semillas de Eucalipto Saligna, provenientes de Brasil, en terrenos que antes habían servido para pastizales de ganado.

Hasta mayo del año 2005 se tenían más de 1000 Ha sembradas, con proyecciones de 200 Ha más en los tres meses siguientes. Se han construido albergues turísticos, alguno de ellos empleando en su totalidad madera de E. Saligna. Los árboles de Saligna están alcanzando en Villa Rica un crecimiento promedio de 3.5 metros de altura por año, y 4.0 cm/año en incremento diametral, lo que se podría traducir, dependiendo de la finalidad de la plantación y su respectivo espaciamiento, en un promedio de 500 000 pie<sup>2</sup> de madera por hectárea a los 10 años, y de más de 2000 pie<sup>2</sup> de madera rolliza / árbol a los 18 años.

### II.1.3 VILLA RICA, EL PUEBLO QUE IMPULSA AL SALIGNA.

El distrito de Villa Rica se encuentra a ocho horas de Lima, por la Carretera Central, pasando La Oroya, Tarma, La Merced, y desde el Puente Reither (Desvío a Satipo) por carretera afirmada.

#### Ubicación

El distrito de Villa Rica está situado en la Región "Andrés Avelino Cáceres Dorregaray", Subregión Selva Central, parte central y oriental del departamento de Pasco, provincia de Oxapampa, ubicado entre las coordenadas 75°,15',00" - 75°,16',20" de longitud Oeste y 10°,42',30" - 10°,45',00" de Latitud Sur, altitudinalmente está comprendido sobre los 1,470 m.s.n.m.

Su territorio presenta una compleja topografía con alturas que alcanzan los tres mil metros sobre el nivel del mar; en las que están ubicadas las cordilleras de San Carlos y parte de Yanachaga; los cerros de Sal. Recorren por Villa Rica el río Entaz, que discurre al Este; al Sur nace el río la sal, que da origen al río Paucartambo; los ríos de Bocaz y Caczú dan origen al río Palcazú; circundados por los ríos Yezú y lagunetas como la del Oconal.

#### Límites

- Por el Norte : Con el distrito de Oxapampa.
- Por el Sur : Con la provincia de Chanchamayo.
- Por el Este : Con el distrito de Puerto Bermúdez y Prov. de Chanchamayo.
- Por el Oeste : Con el distrito de Oxapampa.

#### Clima

De acuerdo a los pisos ecológicos se halla comprendido entre la Yunga Fluvial (1,000 - 2,300 m.s.n.m.) y la Quechua (2,300 - 3,500 m.s.n.m.) en el declive oriental de la Cordillera Andina, que mira la llanura Amazónica.

Su clima es templado, propia de la Selva Alta, Húmedo, y semicálido, en la estación invernal eventualmente seco. La humedad relativa en promedio para la zona es de 90% en tiempo de invierno (Diciembre a Marzo) y 60% en tiempos de Sol (El resto del año).

El promedio Anual de la precipitación pluvial es 1,529 mm., con temperatura media anual de 17.7°C , variando entre 21° y 23° C en los meses de Abril a Noviembre, y entre 15° y 18° C de Diciembre a Marzo.



Mapas de Ubicación del distrito de Villa Rica



Fig. 2.1: Mapa Forestal del Perú.

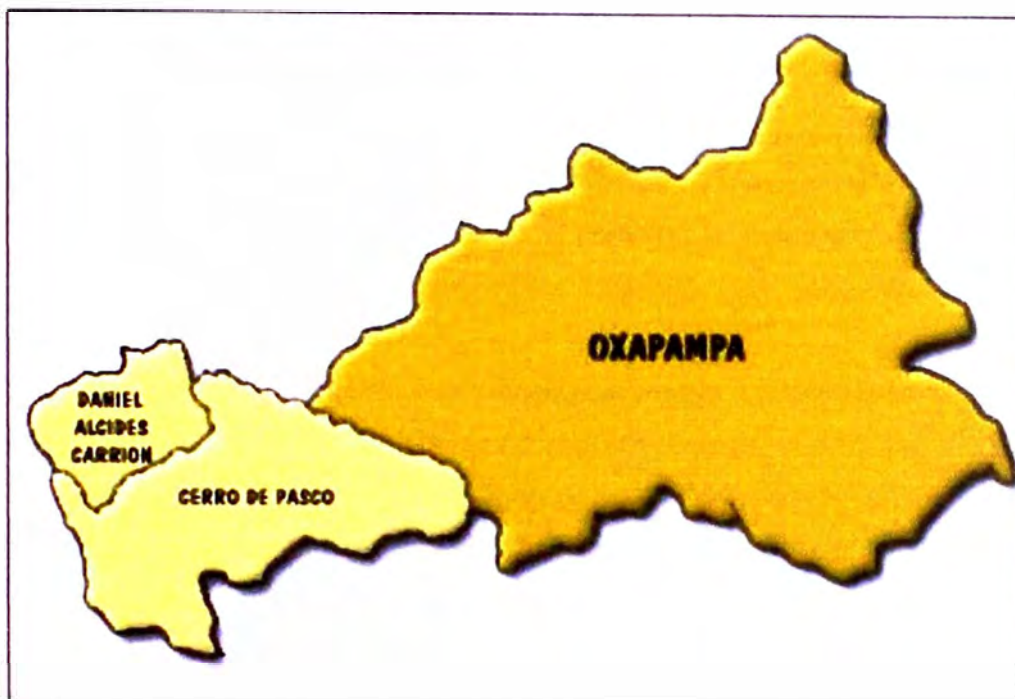


Fig. 2.2 Mapa político del Dpto. de Pasco.



Fig. 2.3: Mapa político de la Prov. de Oxapampa.

## II.2 DESCRIPCIÓN DE LA MADERA EUCALIPTO SALIGNA.

### II.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL E. SALIGNA.

Debido a la forma del tronco del árbol, así como a algunos ensayos realizados con anterioridad al presente trabajo en otros países, se pueden asegurar algunas características de la madera que resulta del Eucalipto Saligna:

- Gran cantidad de biomasa, pues puede alcanzar un diámetro de 1.50 m y hasta 1.80 m (DAP) y una altura de 50 a 60 m de alto, cuando es adulto<sup>20</sup>.
- Fuste alto, cilíndrico y libre de ramas hasta las dos terceras partes. Es decir, se puede aprovechar casi el 70% de la altura total del árbol en madera rolliza, con fines a utilizar como elementos estructurales.
- Madera medianamente pesada (Como veremos en los capítulos siguientes), durabilidad media, de amplia utilidad en la Industria de la Construcción.
- El duramen de la madera es rojizo, la albura un poco más pálida. Tiene grano recto y su textura es algo áspera. Es fácil de trabajar y con buen acabado<sup>21</sup>.
- La madera del E. Saligna ha presentado en países vecinos contracciones normales con respecto a su peso específico; lo que significa que tiene buena estabilidad dimensional, así como presencia de pocos defectos durante su secado.
- Se espera que la madera de E. Saligna, debido a su gran expansión geográfica, tenga cierta variación en la composición de su estructura:

**Cuadro 2.1: Componentes de la madera Eucalipto Saligna.**

COMPONENTES	RANGO (%)
Celulosa	45.0 – 50.0
Lignina	22.0 – 30.0
Poliosa	18.0 – 22.5
Extractivos	3.0 – 5.0
Minerales	0.2 – 1.8

## II.2.2 IDENTIFICACIÓN SISTEMÁTICA y DENDROLÓGICA.

Usamos ambas metodologías para la identificación de la especie.

**A) IDENTIFICACIÓN SISTEMÁTICA.-** Según sus características anatómicas y morfológicas, estudios de genética y fisiología, el E. Saligna pertenece a:

Reino	:	Vegetal
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Myrtales
Familia	:	Myrtaceae
Género	:	Eucalyptus
Especie	:	Saligna

**B) IDENTIFICACIÓN DENDROLÓGICA.-** Según sus características externas, el E. Saligna<sup>20 y21</sup> posee:

**Raíces.-** Raíces profundas, con lignotubérculos en el cuello de la raíz en plantas jóvenes.

**Corteza.-** Lisa, gris verdosa ó azulada mate. Se desprende en capas dejando expuesta una capa amarillenta. En árboles maduros la corteza en la base es gruesa (Hasta aprox. 9 m de altura), y rugosa.

**Fuste.-** Recto, libre de ramas las dos terceras partes de la altura total, de rápido crecimiento (3.5 a 4.0 m/año).

**Hojas.-** Son alternas con peciolo delgado y corto, lámina foliar lanceolada, curvada, acuminada y delgada en la base. De color verde mate o verde oscuro en el haz y verde pálido en el envés.

**Flores.-** Florecimiento blanquecino y escaso. Cabezuelas florales en umbelas simples. Cada umbela contiene de tres a nueve flores blancas, con pedicelo muy corto.

**Frutos.-** Ovoides o en forma de pera. Cápsulas seminales ligeramente acampanadas.

**Semillas.-** Pequeñas de 1-2 mm de longitud, de color pardo. Se producen abundantemente cada dos años, de 2.5 a 3.5 millones/kg con un 30 a 50% de germinación.



Fig. 2.4: Sección transversal del tronco del árbol N° 4. Especie Eucalipto Saligna.



Fig. 2.5: Hojas , flores y frutos del árbol N° 1. Especie Eucalipto Saligna



*Fig. 2.6: Vista del árbol N° 5  
con más de 40 m de alto.  
Especie Eucalipto Saligna.  
Villa Rica, Oxapampa.  
Pasco - 2005*

### II.2.3 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES PARA SU DESARROLLO.

#### Temperatura

El área de distribución natural de E. Saligna en su Australia original presenta un clima de temperatura cálida a subtropical y húmedo. Las áreas cercanas al nivel del mar están libres de heladas, pero en las zonas altas, durante el invierno, ocurren hasta 60 heladas por año y la temperatura mínima puede llegar a  $-8^{\circ}\text{C}$ . La temperatura media anual es de  $15^{\circ}$  a  $21^{\circ}\text{C}$  y el promedio máximo, en el mes más cálido, varía entre  $24^{\circ}$  y  $33^{\circ}\text{C}$ ; el mes más frío entre  $-2^{\circ}$  a  $+8^{\circ}\text{C}$ <sup>20</sup>.

Pero también se ha plantado a temperaturas mayores con excelentes resultados. En Brasil, por ejemplo, se ha cultivado hasta los  $29^{\circ}\text{C}$ ; en América Central se planta en lugares donde la temperatura media anual es de  $18^{\circ}$  a  $26^{\circ}\text{C}$ .

#### Precipitación

El promedio anual de precipitación, en el área de origen del E. Saligna, varía entre 900 a 1800 mm/año. Las zonas de bosque húmedo premontano, en Costa Rica, donde la precipitación media anual es de 1926 mm con un déficit hídrico de cinco meses, parecen ser lugares idóneos para el desarrollo de esta especie.

Sin embargo, esas no son condiciones únicas de lluvias para el E. Saligna, pues ha resultado en áreas donde la precipitación es mayor, como en algunas zonas de Brasil, donde el promedio anual de precipitación se registra entre 1400 a 4420 mm anuales<sup>21</sup>.

#### Altitud

En el área natural de distribución, la altitud se encuentra desde casi el nivel del mar hasta los 1100 m.s.n.m. En Centroamérica se ha plantado desde cerca al nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m con mayores rendimientos en zonas bajas. En Ecuador se tienen plantaciones desde los 100 hasta 2300 m.s.n.m<sup>21</sup>.

---

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

## Terreno

E. Saligna se desarrolla usualmente en suelos limosos o arcillosos, moderadamente fértiles, húmedos pero con buen drenaje. Su mejor desarrollo parece lograrse en suelos de origen aluvial, sueltos y limo arenosos<sup>21</sup>.

Se ha probado también en suelos pobres, obteniéndose resultados satisfactorios en comparación con otras especies de uso común en la reforestación. Las familias de suelos sobre los que se ha plantado el Saligna son: Hydric dystrandeps, Ustoxic dystrandeps, Ustic tropohumults, Ustic dystrandeps, Typic vitrandeps, entre otros.

El pH recomendado para esta especie debe ser de neutro a ácido. La textura debe ser de arenosa a franco arenosa, con buen drenaje.

## Factores limitantes

Entre los factores limitantes para el buen desarrollo de esta especie, está el cultivo sobre suelos compactados, endurecidos y mal drenados, inundables durante una parte del año. Esto ocurre, por ejemplo, cuando el terreno estuvo dedicado al pastoreo excesivo de ganadería, ante lo cual lo recomendable es preparar el terreno, arándolo<sup>20</sup>.

Otro factor limitante es la competencia por la luz, agua y nutrientes, provocada por la presencia de malezas durante la fase inicial de establecimiento. Por ello se debe hacer el mantenimiento adecuado y evitar las malas hierbas<sup>21</sup>.

Además se debe prevenir el ataque de hormigas conocidas como "coquis" ó zompopas (*Atta spp*), que defolian las plantitas y provocan retrasos en su crecimiento inicial.

### II.2.4 DIFERENCIAS CON EL EUCALIPTO GRANDIS.

Debido a su parentesco y características externas, el Eucalipto Grandis es una de las especies que más similitudes tiene con el E. Saligna. En el siguiente cuadro presentamos algunas características que ayudarán a identificarlos.

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*



**Cuadro 2.2: Diferencias externas entre el E. Saligna y el E. Grandis**

CARACTERISTICAS EXTERNAS	SALIGNA	GRANDIS
Corteza	Lisa, azulada o verdosa. Rugosa en la base del tallo.	Lisa, blanco plateado a verdosa. También rugosa pero se extiende más que el Saligna.
Retoños / Flores	Pequeñas, florecimiento blanquecino y escaso.	Más grandes que el E. Saligna, con florecimiento azulado.
Frutos	Sin florecimiento. Ovoides o en forma de pera. Fino.	Con florecimiento azulado. En forma de pera. Más largo y áspero que en el Saligna.
Raíces	Con lignotubérculos en el cuello de la raíz.	Sin protuberancias lignotuberosas.
Ramas	Persistentes y sobreviven bajo sombra.	Mueren rápidamente bajo sombra.
Climas adecuados	Húmedos, montañosos y templados.	Húmedos, subtropicales y cálidos.

Fuente: CATIE (1991) <sup>21</sup>

## **II.3 USOS MAS FRECUENTES DEL EUCALIPTO.**

### **II.3.1 USOS DEL EUCALIPTO EN EL PERÚ.**

Nos referiremos al uso del E. Globulus y el E. Camaldulensis, por ser en el centro del Perú los más conocidos, hasta ahora. La principal actividad se realiza en los departamentos de La Libertad y Junín, y es la de madera aserrada. Esta madera se usa en la minería en forma de vigas, puntales, tablas, listones y leña. También se usa en la construcción de viviendas rurales<sup>9</sup>.

Otra aplicación es la de postes para líneas aéreas de conducción eléctrica, y para postes cortos.

En acabados, el Eucalipto se puede usar en pisos y parquet, mueblería, marcos y puertas, y en carpintería en general<sup>9</sup>.

Además se utilizan los residuos tanto del árbol en pie como de la madera aserrada. Así, las ramas y hojas constituyen un combustible básico para los hornos de ladrillos, tejas y yeso en áreas rurales; el aserrín se usa en los establos y granjas; los despuntes y cantoneras son usados como combustible para uso doméstico, etc.

Incluso es sabido que es materia prima en la Industria del Papel. Así también, sus hojas tienen propiedades curativas y se usan como infusiones y en baños medicinales.

### **II.3.2 VARIEDADES DE EUCALIPTO Y USOS EN OTROS PAÍSES.**

Se tienen registros estadísticos de plantaciones y reforestaciones de importancia con las diversas variedades de Eucalipto, en países vecinos de América del Sur, algunos de Centro América y México más al norte, para tener una idea del trabajo con estas especies maderables en países de condiciones similares al nuestro en el aspecto económico.

Lo más resaltante es que después de Brasil, el Perú es el país con mayor extensión territorial de bosques tropicales en América, pero uno de los que menos desarrolla su industria forestal y maderera, y como consecuencia, uno de los que menos provecho económico obtiene. Es sabido del apoyo que recibe la industria maderera en Chile, por ejemplo, que nos supera en producción y comercialización de madera.

---

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

Hasta nuestros días se han introducido en América más de 400 especies de Eucalipto, provenientes originalmente de Australia. Hemos elaborado una relación de las principales especies desarrolladas en cada país que mencionamos, lo que no determina que se tengan o no otras especies del Género Eucalipto, pero si es que se tienen debe ser en menores volúmenes e importancia.

**Cuadro 2.3: Especies representativas de Eucalipto en Latinoamérica.**

ESPECIE DE EUCALIPTO	PAISES
Camaldulensis	Brasil, Bolivia, México
Citriodora	Brasil, Cuba
Deglupta	Costa Rica
Dunnii	Brasil, Uruguay
Globulus	Brasil, Bolivia, Chile, Perú, Uruguay
Grandis	Brasil, Costa Rica, Chile, México, Uruguay,
Nitens	Chile
Saligna	Argentina, Brasil, Costa Rica, Guatemala, Cuba, México, Uruguay
Urophylla	Brasil, Carolina del Norte-USA, México
Viminalis	Brasil

Esto nos ilustra sobre la importancia que se le da al Eucalipto en otros países debido a sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, por los beneficios que se pueden obtener de este género, y específicamente de la especie Saligna.

Nótese que el Perú aparece solo en el caso del Eucalipto Globulus, pues las cantidades del E. Camaldulensis, no son significativas aún, y las forestaciones con el E. Saligna son todavía jóvenes, aunque con gran proyección, como se viene dando en Villa Rica, Oxapampa.

## **USOS DE EUCALIPTOS EN BRASIL**

En el país vecino se trabaja ya genéticamente con semillas de estos árboles, y de hecho el Eucalipto Saligna es una de estas especies mejoradas en Laboratorio, bajo la supervisión de investigadores del Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa (CNPQ).

La hibridación entre especies tales como E. Grandis y E. Urophylla (Resultando el E. Urograndis) ha producido buenos resultados en términos de desempeño de crecimiento y propiedades madereras químicas, físicas y mecánicas. Importantes compañías brasileñas también han compilado experiencias en propagación por cultivo de tejidos, que ha resultado en aumentos significativos de su productividad.

Asimismo, se usan el E. Globulus (Cada vez menos), el E. Saligna y el E. Urograndis (orientado), como pulpa para la producción de papel.

Como aceites esenciales: El Eucalipto Citriodora es la especie predilecta en la industria de la perfumería, debido a su componente principal, el citronelal. Además, El E. Globulus se sigue usando en la Industria Farmacéutica.

## **USOS DEL EUCALIPTO SALIGNA EN CENTRO AMERICA**

Se ha logrado reunir información en base a los trabajos publicados por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Se mencionan plantaciones y usos de Eucalipto Saligna en zonas de Costa Rica y Guatemala.

Se utiliza para construcción, durmientes de ferrocarril, armadura de barcos, pisos, carpintería, tornería y obtención de chapas. Su madera seca rápidamente al aire y requiere de 105 para pasar de 90% a 18% en contenido de humedad.

Se usan como postes cuando los árboles alcanzan un diámetro mínimo de 22 cm (DAP) . Como leña, en Guatemala, se usa para secado de infusiones.

Según estudios en Estados Unidos y África del Sur, se concluyó que el Saligna produce una buena cantidad de pulpa de fibra corta y de resistencia moderada. Se recomienda su uso para la industria del papel cuando los árboles han tenido un crecimiento rápido.

## II.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS FRENTE A OTRAS MADERAS MÁS COMERCIALES.

### II.4.1 CUALIDADES Y VENTAJAS DEL E. SALIGNA FRENTE A OTRAS ESPECIES MADERERAS

- Su rápido crecimiento vertical.- Es una ventaja de todos los Eucaliptos en general con respecto a otras especies madereras. El E. Saligna puede llegar a medir hasta 60 m de alto cuando es adulto. A los 20 años mide 45 metros en promedio, y 30 metros a los 15 años.
- El incremento diametral.- Propio del E. Saligna, llega a medir en promedio 1.50 m de diámetro a la altura del pecho (DAP) a los 30 años y han habido registros de 2.00 m de DAP. Es superior al del E. Globulus, que llega en promedio entre 0.90 a 1.00 m de DAP.
- Fuste recto y libre de ramas.- Por lo menos la mitad de la altura hasta los 2/3 de la altura total del árbol (Aprox. 18 m sin ramas para un árbol de 15 años), cualidad compartida por el E. Saligna y el E. Grandis.
- Con los puntos anteriores, y según los usos destinados, se puede recuperar la inversión a partir de los 10 años de edad como madera aserrada, y a los 7 años como postes ó madera rolliza. Pero el ciclo mínimo recomendado para madera aserrada es de 15 años.
- Su adaptación a diversos climas.- Según lo visto en el punto II.2 del presente capítulo, las ramas del E. Saligna puede soportar la ausencia de la luz solar, que no pueden tolerar otras especies de la misma familia y del mismo género.
- La madera es de buen aspecto, lo que se traduce en un acabado que no necesita cubrirse o pintarse. Puede quedar expuesta a la vista, con preservado o laqueado transparente, pues su color natural (rosado, ni tan claro como el pino, ni tan oscuro como la caoba) contribuye para un grato ambiente.
- Los eucaliptos han desarrollado características de crecimiento que hacen posible la perpetuación de un recurso forestal, sometido a las difíciles condiciones ambientales de su tierra nativa. El eucalipto es un árbol con condiciones para repoblar maniguales de terrenos pobres, donde otras

especies harían un lento crecimiento. El eucalipto es una especie que por su rápida y alta producción de biomasa y su buena forma, es apta para una amplia variedad de usos.

#### **II.4.2 LIMITACIONES Y DESVENTAJAS DEL EUCALIPTO SALIGNA.**

- Su rápido crecimiento vertical implica un alto consumo de agua, en general para todas las especies de Eucalipto, por ello es necesario conocer los requerimientos ambientales para estas plantaciones.
- Existen estudios que intentan demostrar que es una especie que predomina sobre otras, quitándoles espacio y como consecuencia, desapareciéndola del área de plantación, aunque es evidente que en la práctica por lo general no se mezclan las especies.
- Se debe tener cuidado en su proceso de secado, el cual debe ser presecado hasta alcanzar el punto equilibrio en su Contenido de Humedad, y luego de ello, finalmente, darle el cepillado final para que sus dimensiones en servicio no sufran mayores variaciones. Esta es una práctica que no es exclusiva del E. Saligna.
- Al tener un densidad básica media, tiene una durabilidad natural moderadamente resistente (MR), por lo que será conveniente usar los preservantes adecuados y el método indicado de acuerdo al uso ó servicio que brindará.
- Las operaciones silviculturales para la conducción del rebrote, en especies como el E. Saligna, E. Urophylla el E. Grandis, son en su mayoría parecidas a las de una reforma (nuevo plantío), lo cual implica costos de operación similares, pero con una productividad más baja, y por lo mismo, económicamente discutible<sup>3</sup>.
- Algunas empresas (Como en Brasil) mantienen los rebrotes de las partes remanentes (Tocones) del eucalipto talado, después de realizado el corte, por lo menos durante un ciclo más (De siete a diez años en segunda rotación), lo que ayuda a reducir parcialmente los efectos ambientales, como la quema de los tocones.

---

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

## II.5 INCIDENCIA DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA INDUSTRIA MADERERA EN EL PERÚ.

### II.5.1 ACTUALIDAD DE LA INDUSTRIA MADERERA EN EL PERÚ.

#### Realidad del Recurso Forestal

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), afirma que existen aproximadamente 4 000'000 000 Ha de bosques en el planeta, de los cuales el 50% corresponden a bosques tropicales naturales, y el resto son bosques templados. En América Latina, Brasil es el país que cuenta con la mayor extensión de bosques naturales aprovechable, con un total de 300'000 000 Ha , le sigue el Perú con 75'500 000 Ha y luego Colombia y Bolivia con 60 y 50 millones de Ha respectivamente.

Hasta 1994 la superficie original de bosque natural amazónico en nuestro país era de 75'560 500 Ha , aprox. el 59% del territorio nacional. Sin embargo, con las diversas intervenciones del hombre, como actividades agrícolas (migratorias), pecuarias y cultivos no lícitos, se ha ido menguando el área de bosque natural.

**Cuadro 2.4: Área de Bosque Peruano – Año 2003.**

Área Total de Bosque	66'975 300 Ha
Porcentaje del país	52.11 %
Porcentaje del bosque original	88.64 %
Superficie deforestada	11.37 %

Fuente: Camacho <sup>10</sup>

Se estima que al 2005 el Área Total de Bosque sea 65'820 332 Ha , ya que aunque existe un trabajo de reforestación, es mayor la superficie deforestada anualmente.

El Perú figura en el sétimo lugar en el mundo en superficie de bosques tropicales, pero solo se talan aproximadamente 350 000 Ha/año , es decir, solo el 0.5% del área de bosques.

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

### **La Deforestación y sus consecuencias**

Es el principal problema que afecta al bosque. El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), organismo encargado del patrimonio forestal de la nación, sostiene que anualmente se deforesta entre 200 mil y 300 mil Ha por año. Se cree que el 80% de la tala de bosques se realiza por quemas con fines agropecuarios, el 17% se utiliza en leña y carbón y sólo el 3% en explotación de madera, rolliza o aserrada.

Esto conlleva a que la producción forestal en el Perú presente altos costos que se deben a la escasez de especies forestales aserrables, además de la utilización de tecnologías obsoletas. Más del 90% de la explotación de los bosques con fines industriales se realiza de manera ineficiente, por la actividad de equipos extractores esparcidos desordenada e ilícitamente, y que la legislación forestal no logra controlar<sup>10</sup>.

### **Limitaciones de la Industria Maderera en el Perú**

- Existen cuatro zonas de explotación masiva de madera: Iquitos, Pucallpa, Oxapampa-Satipo y Aucayacu. Solo Pucallpa, en la zona de Selva Baja, es accesible por carretera desde Lima. En todas esas zonas el INRENA tiene problemas con los extractores ilegales, quienes comercializan de manera informal con países vecinos.
- Sólo se extrae no más del 5% de madera por hectárea (menos de 5 m<sup>3</sup>), y de cada árbol cortado se aprovecha el 25% de su biomasa, llegando solo el 15% de ese volumen a la venta. Todo esto significa que se desperdicia más de 500 000 m<sup>3</sup> de madera en nuestra selva.
- Debido a las limitaciones en los presupuestos, se estima que solo el 2% de la madera que llega a la venta, se seca al horno, y menos del 1% se preserva químicamente.
- En los lugares de bosques, no se clasifica para la venta local. Si se hace, lo realiza personal empírico (no capacitado), y se prioriza solo el material de exportación.
- La balanza económica en el campo de las exportaciones es bastante desfavorable, como se ilustra en los siguientes cuadros publicados por INRENA el año 2005. El Cedro y la Caoba son las principales especies que se exportan, hacia los Estados Unidos de Norte América principalmente, y a

---

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*



Centro América en segundo orden, cada uno con 30 000 m<sup>3</sup> en promedio, por un importe acumulado de 72.1 millones de dólares aproximadamente.

**Cuadro 2.5: EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES  
MADERABLES POR PRODUCTOS. PERU - AÑO 2005**

DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	VALOR FOB (US\$)	PESO NETO (Kg)
Madera aserrada	95 644 447,80	115 960 926,98
<i>Coníferas</i>	692 183,37	1 395 804,70
<i>No coníferas, tropicales y demás</i>	94 952 264,43	114 565 122,28
Tableros	56 004,06	72 617,40
<i>Tableros de partículas</i>	90,63	26,58
<i>Tableros de fibra de madera</i>	55 913,43	72 590,82
Madera para parquet, molduras, perfiladas	27 979 629,18	45 486 709,20
<i>Coníferas</i>	24 769,43	36 897,67
<i>No coníferas</i>	27 954 859,75	45 449 811,53
<i>Pipas y cazoletas</i>	36 759,16	5 030,14
<i>Madera contrachapada (triplay)</i>	18 454 979,52	21 069 630,40
<i>Madera manufacturada</i>	5 753 427,17	3 189 592,02
<i>Chapas o láminas</i>	5 016 070,93	7 157 362,78
<i>Pasta de madera</i>	30 320,10	24 162,00
<i>Muebles de madera</i>	15 371 362,63	2 471 412,40
<i>Aserrín fejes, rodrigues, estacas</i>	9 239,73	75 880,02
<i>Madera densificada</i>	4 814,00	1 273,98
<i>Madera en bruto (rolliza)</i>	521,00	3 316,12
<i>Carbón vegetal</i>	1 401,00	419,68
<i>Desperdicios y desechos de papel</i>	597 612,35	5 279 184,16
<i>Papel y cartón</i>	26 074 374,75	18 829 366,13
<b>TOTAL</b>	<b>195 030 963,38</b>	<b>219 626 883,42</b>

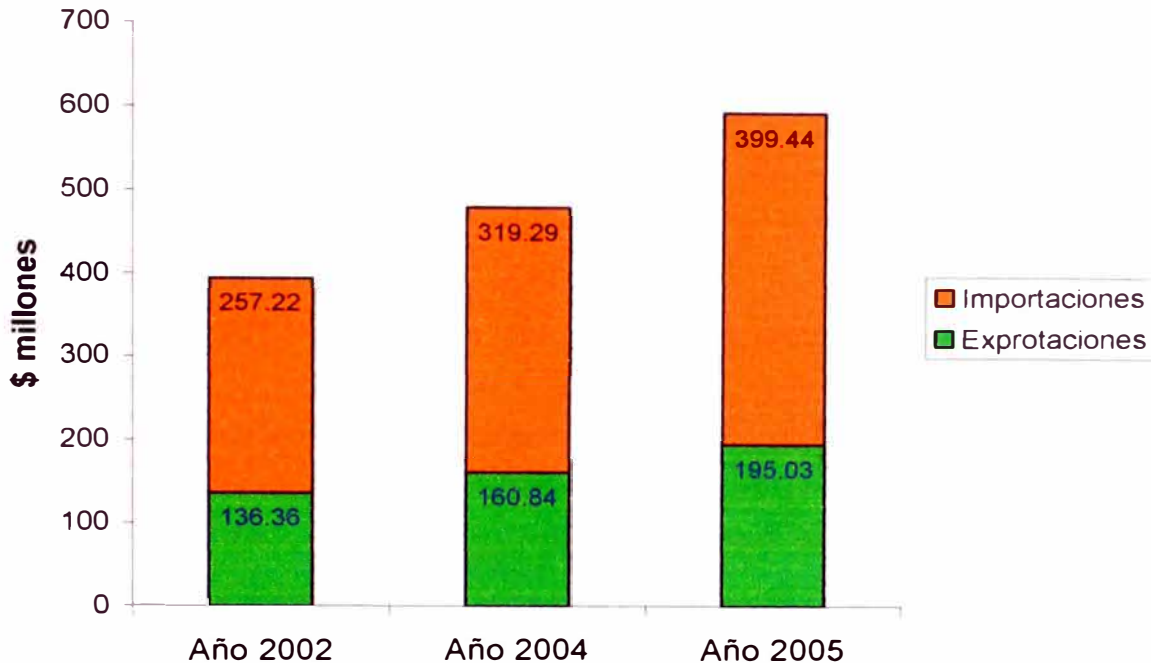
Fuente: SUNAT - INRENA <sup>23</sup>

**Cuadro 2.6: IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES  
MADERABLES POR PRODUCTOS. PERU - AÑO 2005**

DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	VALOR FOB (US\$)	PESO NETO (Kg)
Madera aserrada	6 147 683,20	12 716 246,84
<i>Coníferas</i>	5 562 283,53	11 919 192,88
<i>No coníferas, tropicales y demás</i>	585 444,67	797 053,96
Tableros	29 127 556,09	76 816 457,06
<i>Tableros de partículas</i>	16 994 411,18	45 849 456,41
<i>Tableros de fibra de madera</i>	11 749 149,98	30 010 655,58
<i>Tableros "Oriented Board" ...</i>	383 994,33	956 345,07
<i>Pasta de madera</i>	37 091 455,40	63 926 489,92
<i>Madera manufacturada</i>	7 632 243,13	4 335 085,81
<i>Madera contrachapada (triplay)</i>	1 200 651,80	2 388 974,33
<i>Muebles de madera</i>	8 905 942,41	4 599 081,51
<i>Madera en bruto (rolliza)</i>	3 888 177,44	8 547 404,91
<i>Tablillas para fabricación de lápices</i>	582 449,83	541 165,04
<i>Durmientes</i>	330 552,99	666 713,34
<i>Madera en chapas o láminas</i>	390 750,25	124 329,22
<i>Madera densificada en bloques</i>	119 070,84	36 536,01
<i>Madera para parquet, molduras, perfil</i>	457 713,26	301 048,29
<i>Flejes, rodrigues, lanas de madera</i>	32 737,84	73 599,89
<i>Pipas y cazoletas</i>	4 662,92	306,98
<i>Carbón vegetal</i>	5 608,19	58 106,65
<i>Madera en plaquitas, aserrín, desech</i>	116 783,33	158 846,27
<i>Desperdicios y desechos de papel</i>	5 424 970,28	25 520 520,10
<i>Pasta de papel o cartón reciclado</i>	22 340,83	18 606,06
<i>Papel y cartón</i>	297 954 389,35	344 039 595,10
<b>TOTAL</b>	<b>399 435 739,38</b>	<b>544 869 113,33</b>

Fuente: SUNAT - INRENA (2005) <sup>23</sup>

**Gráfico 2.1: VARIACION DE LA BALANZA COMERCIAL EN PRODUCTOS FORESTALES**



Fuente: SUNAT - INRENA <sup>22 y 23</sup>

Si bien el valor de las exportaciones ha aumentado en el sector forestal, también creció el monto de las importaciones, con relación a los años 2002 y 2004.

Se observa en el gráfico anterior las enormes brechas desfavorables entre los valores de las exportaciones y las importaciones para ambos años: cerca de 25 millones de dólares para el período 2002 y más de 62 millones de dólares para el año 2004.

Se debe resaltar de los cuadros 2.5 y 2.6 que los mayores ingresos registrados corresponden a madera aserrada no conífera; mientras que los mayores montos por importaciones corresponden a los rubros de papel y cartón (Principal responsable de la brecha negativa de la balanza), seguido de tableros y pastas.

## **II.5.2 FACTORES QUE INCENTIVAN LA FORESTACIÓN CON EUCALIPTO SALIGNA.**

Es una especie elegible para la Forestación y la Reforestación de los bosques, con las limitaciones de climas y precipitaciones que se conocen y se requieren para esta especie.

El Eucalipto Saligna es una de las especies de mayor resistencia mecánica entre las especies de su mismo género. Más aún, con el mejoramiento de la especie, tecnología que se puede importar de países vecinos, se puede obtener un máximo aprovechamiento de acuerdo a su uso destinado.

Como veremos más adelante, el Eucalipto Saligna puede convertirse en una de las especies de mayor producción en el país, debido a su rápido crecimiento. Esto no debe significar que desplace a otras especies, sino que sería una especie más que nutra el mercado interno, y con pretensiones de exportación.

En el curso de la evolución, los eucaliptos han desarrollado características de crecimiento que han hecho de ellos un factor fundamental para la perpetuación de un recurso forestal, sometido a las difíciles condiciones ambientales de su tierra nativa.

Debido a su gran cantidad de biomasa, con el de cursar del tiempo las tecnologías de aprovechamiento de la biomasa vegetal se han ido desarrollando y cada día se incrementan más las aplicaciones que de estas se derivan. Así por ejemplo la producción de biogás, la obtención de etanol, la obtención de gases combustibles, etc. constituyen un logro tecnológico de la Química y la Física fundamentalmente.

Uno de los objetivos a largo plazo debe ser el de avanzar hacia un aprovechamiento sostenible de los bosques para obtener productos forestales madereros y no madereros, aumentando al mismo tiempo y al máximo los beneficios para la población local y para las economías nacionales, respetando el equilibrio entre la conservación del Medio Ambiente y el desarrollo de los pueblos.

## II.6 PERSPECTIVAS DE DESARROLLO PARA LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN EL PERÚ Y EN LATINOAMÉRICA.

La alternativa de la reforestación con especies del género Eucalipto ofrece una serie de beneficios a las sociedades humanas en general, situación que se incentiva con el desarrollo de estas especies en diversas partes del mundo.

### II.6.1 BENEFICIOS Y RETORNOS EN EL MEDIANO PLAZO.

Su rápido crecimiento vertical y diametral ofrece una esperanza de retorno muy ventajosa en comparación con otras especies madereras. Veamos el siguiente cuadro que registra alturas y diámetros promedios de árboles adultos, es decir, con edades aprox. de 25 años:

**Cuadro 2.7: COMPARACIÓN DE ALTURAS Y D.A.P. PROMEDIOS DEL E. SALIGNA CON OTRAS ESPECIES FORESTALES**

ESPECIE	ALTURA TOTAL (m)	ALTURA COMERCIAL (m)	D.A.P. (m)
TORNILLO	40	25	1.50
HUAYRURO	30	20	0.56
E. SALIGNA	55	35	1.50
MANCHINGA	40	20	0.50
PUMAQUIRO	21	17	0.55

Fuentes: PADT -REFORT<sup>26</sup> y CATIE<sup>20</sup>

De los valores observados en el cuadro 2.7 se estima que el Eucalipto Saligna necesitaría casi la mitad del tiempo para alcanzar una producción similar a la del Huayruro o al de la Manchinga. Solo el Tornillo sería capaz de rendir una producción cercana a la del Saligna, pero menor en cantidad y en resistencia.

El Saligna a los 15 años mide de 30 metros a más, tiene un DAP de aprox. de 60 cm , y es capaz de ofrecer como mínimo 1500 pt por árbol,

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

superando en ese aspecto a otros tipos de eucaliptos. Además, según los usos se puede recuperar la inversión a partir de los 7 años de edad, como postes para líneas de energía eléctrica y de comunicaciones.

Por otra parte, de acuerdo al Protocolo de Kioto (Japón-1997), las maderas comercializables, a partir de este año 2006, deben estar certificadas, es decir, provenientes de bosques reforestados ó dentro de un programa de reforestación.

Adicionalmente, dentro del programa de captura de dióxido de carbono (Uno de los gases causantes del debilitamiento de la capa de ozono y del calentamiento global de la Tierra, junto al metano CH<sub>4</sub>, óxido nitroso N<sub>2</sub>O, y otros gases industriales), se estima que un reforestación puede capturar en promedio 120 ton de CO<sub>2</sub> por hectárea, a un costo de (\$) 10.0 / ton , precio que está tasado por la International Carbon Sequestration Federation (ICSF) a través de "Proto Créditos de Carbono".

## II.6.2 DESARROLLO CIENTÍFICO DE LAS ESPECIES DE EUCALIPTO.

Los números presentados en el punto II.5.1 muestran nuestra realidad, tan opuesta, por ejemplo, a la de Brasil, que le dedica fuertes inversiones a la investigación, y en general, a la industria forestal. Así, en el país vecino se han logrado, durante las últimas dos décadas, avances importantes en el mejoramiento "genético" de los Eucalyptus.

Esta tecnología resulta de suma importancia debido a las exigencias de cada industria. Los productores de pulpa y papel, por ejemplo, necesitan una densidad máxima y un mínimo contenido de lignina; los productores de carbón vegetal buscan un máximo contenido de lignina. La alta variabilidad y **el control genético** de características importantes del árbol, (por ejemplo, orientación de la fibra, densidad básica, fisuras), soportan fuertes procesos de selección.

En los últimos años, a causa de la reducción de la oferta de las maderas tradicionalmente utilizadas por los aserraderos y laminadoras, el consumo de los eucaliptos viene creciendo gradualmente, tanto en América como en Europa, y se hace necesario desarrollar programas de

mejoramiento genético para producción de árboles con atributos apropiados para tales fines.

Por ello, además de las características relacionadas a la productividad, forma de los árboles y su fitosanidad, se debe observar para el procesamiento mecánico la madera de eucalipto, que ésta no debe rajarse durante las operaciones de derrumbamiento, desdoblamiento y secado; no debe torcerse durante el desdoblamiento y el secado; debe presentar bajos índices de contracción volumétrica y de anisotropía de contracción; bajos niveles de colapso; mecanizado fácil, con bajo desgaste de herramientas y buena calidad de acabado.

Una de las experiencias del CNPF (Florestas da Embrapa) ha sido la evaluación de ensayos combinados de procedencias y progenies de *Eucalyptus Pilularis*, *E. Grandis*, *E. Deanei*, como también en clones de *E. Saligna*, *E. Grandis* y del híbrido *Urograndis* y en poblaciones comerciales de *E. Dunnii* e *E. Benthamii*. Las características analizadas fueron las rajaduras de tope en troncos y en los planchones centrales, el combado de tablas, la retractibilidad y el colapso.

Las maderas de *Eucalyptus Benthamii* y *E. Deanei* presentaron algunas características bastante indeseables. Las maderas de las demás especies estudiadas no presentaron mayores restricciones, y por lo tanto, pueden ser incluidas en un programa de mejoramiento genético de la calidad de la madera para procesamiento mecánico.

El híbrido *Urograndis*, otro ejemplo del avance de esta tecnología, resulta de la *clonación de moléculas* de *E. Grandis* y *E. Urophylla*, y es una de las especies que mejores resultados ha estado obteniendo de los ensayos a los que ha sido sometido. Se cultiva en una rotación de 15 años, cuando se obtienen maderas de buena resistencia para su uso y venta como madera aserrada.

## CAPITULO III

# METODOS DE LOS ENSAYOS Y SU NORMATIVIDAD

Para poder realizar el trabajo de campo, es decir, el talado de árboles y la colección de muestras, y los posteriores ensayos en Laboratorio, se tuvo previamente que reunir la información necesaria a fin de que el desarrollo de los trabajos se hiciera conforme a la normatividad vigente.

### III.1- NORMAS EMPLEADAS.

Se han empleado Normas Peruanas y Normas del Acuerdo de Cartagena, específicas para cada proceso y ensayo y su respectiva metodología.

#### III.1.1 NORMAS ITINTEC

La Ley General de Industrias, promulgada por el Gobierno Militar del Perú en 1970 (D.L.18350), crea en su Art. 14 el Instituto de Investigación Tecnológica de Industrias y de Normas Técnicas (ITINTEC), asociándolo con un mecanismo de financiamiento para la investigación científica y tecnológica para la industria.

Aunque en Noviembre de 1992, se le declara en disolución y liquidación (D.L. 25818), la vigencia de las normas ITINTEC se mantiene, ahora bajo la supervisión del INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual), creado el 24 de Noviembre de 1992 por D.L. 25868, el cual en el artículo segundo lo define como el organismo encargado de la aplicación de las normas legales destinadas a evitar prácticas monopólicas y de competencia desleal que afecten al mercado y de proteger los derechos de propiedad industrial y la calidad de los productos.

En el desarrollo del presente estudio se emplearon las siguientes normas ITINTEC:

- 251.008 Maderas. Selección y colección de muestras.
- 251.010 Maderas. Método de determinación del contenido de humedad.
- 251.011 Maderas. Método de determinación de la densidad.
- 251.017 Maderas. Método de Ensayo de Flexión Estática.



- 251.104 Madera Aserrada. Madera Aserrada para Uso Estructural. Clasificación Visual y Requisitos.
- 251.107 Madera Aserrada. Madera Aserrada para Uso Estructural. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural.

### **III.1.2 NORMAS TECNICAS DE EDIFICACION**

Para el procedimiento general de agrupamiento y clasificación de las maderas, es necesario utilizar el Código E-101 aprobado por Resolución Ministerial R.M. N° 059-89-VC-9600 en 1989. Esta norma: "E-101 Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural", hace referencia a las Normas ITINTEC antes mencionadas, y en un principio se autoriza y responsabiliza al ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de Vivienda) del cumplimiento y aplicación de la misma. Luego, esta función es delegada al SENCICO (Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción), que depende del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### **III.1.3 NORMAS PADT-REFORT**

Se empleó la Norma de Clasificación Visual por Defectos, durante el proceso de muestreo en campo y previo a los ensayos, durante el cepillado final de las muestras. Esta norma fue elaborada por el proyecto PADT-REFORT (1982) en el marco de la Junta del Acuerdo de Cartagena, y está destinada a la clasificación de madera aserrada para uso estructural. Todas las piezas que satisfagan la regla antes mencionada se clasifican como Madera Estructural, con las propiedades resistentes y elásticas que se asignen a cada especie agrupada según la norma E-101.

Todas estas normas, empleadas y detalladas durante los procesos y los ensayos respectivos, se citan también como referencia al final del presente trabajo, y pueden ser consultadas en Bibliotecas de la UNI y de la UNALM, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI y en INDECOPI.

### III.2- EQUIPOS DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (LEM) DE LA UNI.

Se utilizaron los equipos y materiales disponibles en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, y que se adecuan a la norma respectiva, los describiremos por tipo de ensayo.

#### III.2.1 PARA ENSAYOS DE DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD

Para ambos ensayos se necesitan los mismos equipos, diferenciándose en el procedimiento para cada ensayo. Se utilizaron:

- Una balanza electrónica, con precisión de 0.1 gramo.
- Un horno eléctrico.

Además, en el caso de la densidad básica, se necesita medir el volumen por inmersión de modo que se usó también:

- Una probeta graduada, capacidad de 500 mililitros.

#### III.2.2 PARA ENSAYOS DE FLEXION ESTATICA EN PROBETAS

Se ensayaron probetas de 2.5 x 2.5 x 41 cm y probetas de 5 x 5 x 75 cm. Para ambos casos se utilizó:

- Una máquina universal "A" (Marca AMSLER), que cuenta con: un sistema de control; una prensa central (Con una capacidad máxima de 50 ton) con cargas en escalas de 5 toneladas; un Cabezal o bloque de carga; y Accesorios, como los soportes o apoyos provistos de tornillos que permiten graduar la luz del elemento a ensayar, y placas de acero con rodillos.
- Además, se usó una regla milimetrada, debido a la imposibilidad de usar el deflectómetro.



Fig. 3.1: Máquina Universal A.  
LEM-UNI

### III.2.3 PARA ENSAYOS DE FLEXION EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Se ensayaron vigas de 4 x 14 x 360 cm para lo cual se utilizó una máquina universal "B" (Marca AMSLER). Este equipo eléctrico e hidráulico consta de:

Un sistema de control.

Dos prensas graduadas a los tercios de luz (Con una capacidad máxima de 20 ton), con cargas en escalas de 10 toneladas.

Cabezales o bloques de carga.

Accesorios, como los soportes o apoyos, placas de acero con rodillos y arriostres laterales.

También se usaron reglas milimetradas.

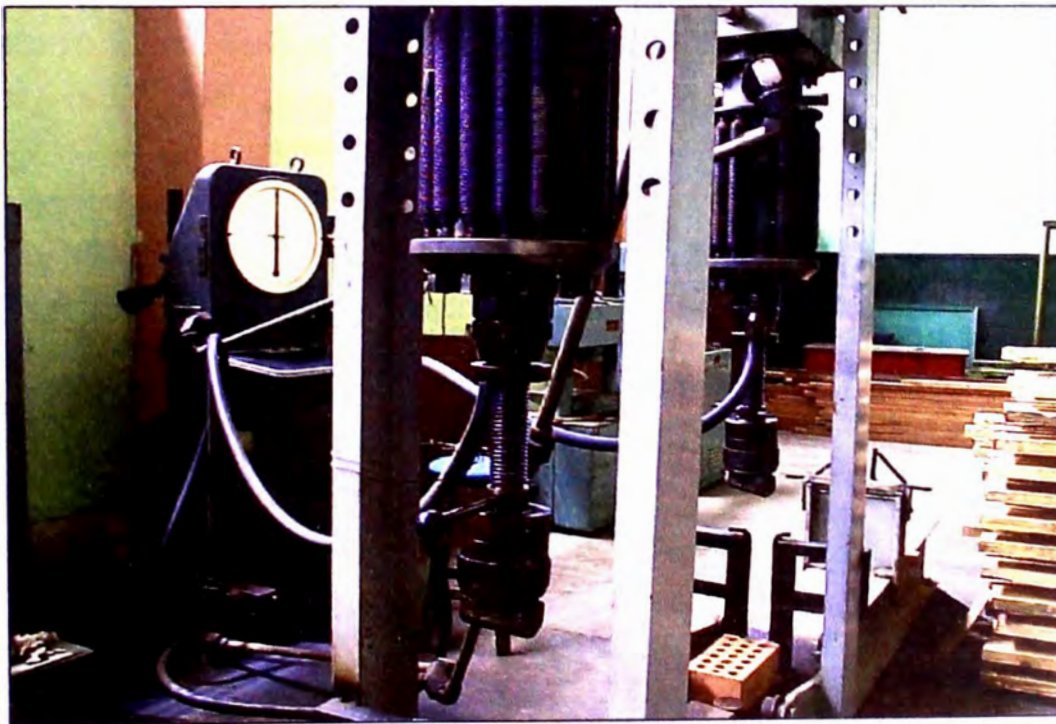


Fig. 3.2: Máquina Universal B. LEM – UNI.

### III.3- PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO PREVIO A LOS ENSAYOS.

El Procedimiento del Muestreo incluye las labores previas y el trabajo de campo propiamente dicho, llevado a cabo en la zona de bosque cercana al distrito de Villa Rica, Provincia de Oxapampa.

Podemos diferenciar las actividades de: Capacitación previa en SENCICO, Colección de trozas en el bosque y el Aserrio de vigas y probetas en un aserradero, ya en el distrito de Villa Rica.

#### III.3.1 CAPACITACION PREVIA AL TRABAJO DE CAMPO.

En un trabajo coordinado del Dpto. de Investigación y Normalización de SENCICO con la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, se programaron 05 sesiones de capacitación, durante la segunda quincena de marzo del presente año. Estas sesiones consistieron en clases teóricas en el local de SENCICO y una clase práctica en el Laboratorio de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria de La Molina.

El curso de capacitación fue dictado por el Ing. Raúl Párraga, quien también viajó a Villa Rica para certificar el Procedimiento del Muestreo en el bosque. Las coordinaciones del curso estuvieron a cargo de la Ing. Gabriela Esparza, por SENCICO, y de los Ings. Isabel Moromi y Hernán Arboccó, por parte de la UNI. Se contó con la participación de otros tesisistas.

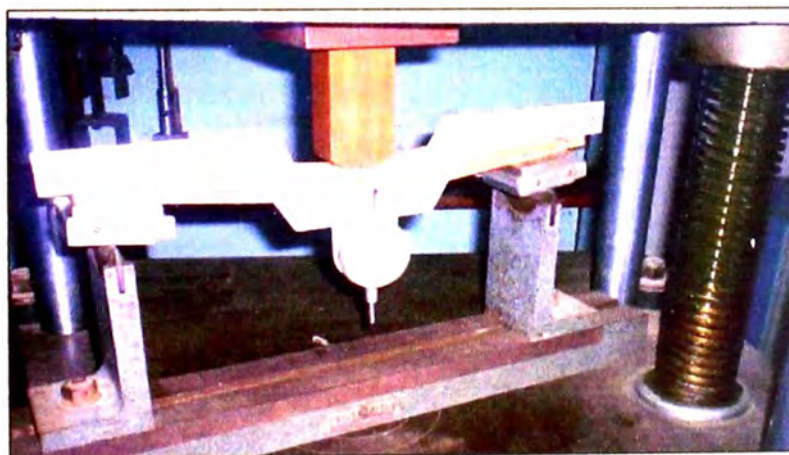


Fig. 3.3: Ensayo de Flexión en probetas pequeñas (2.5x2.5x41.0cm)  
Laboratorio de Ciencias Forestales de la UNALM, Lima.

### III.3.2 COLECCIÓN DE TROZAS.

Esta etapa se refiere al trabajo de campo propiamente dicho, llevado a cabo en las plantaciones cercanas al distrito de Villa Rica. La zona de bosque es de gran extensión, de modo que se coordinó con los empresarios madereros que participaron del proyecto, las facilidades para que la elección de los árboles no tome mucho tiempo y el trayecto no sea muy alejado. Es justo resaltar el generoso aporte del Sr. Aldo Arboccó Yohann desde Lima y su familia en Villa Rica.

#### A) El Oconal: Zona de extracción de las muestras

En primera instancia se tenía coordinado talar árboles de plantaciones cercanas a Eneñas (a 60 minutos por carretera de trocha), pero ya en el lugar, los empresarios forestales decidieron comprar la madera de los árboles a cortar en la zona del Oconal (a 30 minutos), más cerca al distrito de Villa Rica. En esta zona los empresarios son en su mayoría cafetaleros, como el propietario de las plantaciones de cafetales y diversas flores, a quien se le compró los árboles de Eucalipto Saligna, que había crecido como linderos. Dichos empresarios sembraron hace 15 a 18 años estos árboles a manera de cerco o delimitaciones de sus terrenos, razón por la cual no les dieron los cuidados necesarios para un óptimo rendimiento del Saligna como madera. Pese a ello los árboles estaban sanos, con gran altura y buen DAP, aunque con más ramas de las deseadas.

Estas condiciones hacen de estas muestras ideales para los ensayos, pues darán resultados algo conservadores con referencia a eucaliptos provenientes de plantaciones mejor manejadas, como las que ya existen y tienen diferentes edades, de diversos propietarios y asesorados por Arboreforesta.

#### B) Proceso de talado de Árboles

Durante nuestro primer día en campo pudimos visitar los viveros que trabaja la gente de *Arboreforesta*, con semillas de E. Saligna, y visitamos plantaciones cuyas edades eran de 04 años (DAP~ 20 cm), 08 años (DAP~ 40 cm), 10 años (DAP~ 50 cm), estos en el bosque camino a Eneñas. En la zona del Oconal, se observaban Eucaliptos de 15 años (DAP ~ 70 cm).

Se escogieron 07 árboles de las plantaciones del Sr. Flores, pero se llegaron a talar solo 05. Siempre con la asesoría y supervisión del Ing. Raúl Párraga, se cortaron 03 árboles de 18 años y 02 de 15 años de edad. Se llevaron en total 08 trozas al aserradero, de 3.60 m de longitud, para obtener vigas a escala natural. Algunos datos más se muestran seguidamente:

**Cuadro 3.1: IDENTIFICACION DE TROZAS POR ARBOL**

ARBOL	EDAD (años)	DAP (cm)	TROZA	D comercial (cm)
I	18	72	I-1	63
II	15	62	II-1	51
			II-2	46
III	15	56	III-1	47
			III-2	43
IV	18	76	IV-1	62
			IV-2	58
V	18	69	V-1	59



Fig. 3.4: Arrastre para transporte de trozas. Árboles II y III. Villa Rica, Oxapampa

Es pertinente mencionar que las muestras I-1, II-1, III-1 y V-1 son trozas de base ó "culata" ( $H_{max}= 4.00m$ ), mientras las trozas II-2, III-2 y IV-1 son de segunda altura ( $H_{max}= 7.00m$ ), y la troza IV-2 pertenece a una tercera altura ( $H_{max}= 10.60m$ ).

Este proceso nos tomó 04 días efectivos en el bosque, además de los tiempos de espera. Las coordinaciones en Lima se hicieron con el Sr. Aldo Arboccó, y en Villa Rica con su hijo Anderson, y por parte de Arboreforesta el Sr. José Arboccó.

### III.3.3 PREPARACION Y ASERRIO DE VIGAS Y PROBETAS.

Ya de regreso a Villa Rica los empresarios forestales coordinaron con un aserradero del distrito, a fin obtener las vigas a escala natural y las probetas para los ensayos de flexión estática. El propietario del aserradero, se mostró dispuesto a colaborar con nosotros y nos brindaron las facilidades del caso para guiar el proceso de aserrado, escoger las muestras con una primera clasificación visual y separar las vigas que mostraban defectos notorios.

#### A) Elección de las trozas

Durante el trabajo de aserrío, por factores de tiempo y de previsión de algún inconveniente logístico, determinamos con el ingeniero forestal, prescindir de dos de las ocho trozas, de modo que se aserraron solo seis (06) trozas, cumpliendo siempre con el requisito que sean de 05 árboles distintos.

#### B) Dimensiones de Aserrío

Se obtuvieron **66 vigas** aceptables, de **2" x 6" x 12'**, luego de una primera clasificación visual. Estas vigas pasarían en Lima por un segundo proceso de clasificación visual, y luego se les daría las dimensiones finales de ensayo.

Además se separaron **07 viguetas** de **2" x 2" x 12'**, que luego en carpintería serían cortadas y cepilladas hasta obtener las probetas con sus dimensiones finales.

### C) Defectos observados durante el proceso de aserrio

Cada troza, debido al buen diámetro promedio que tenían, permitía que se obtengan hasta 20 vigas de sección 2" x 6", pero en algunas de ellas se prefirió cortar las viguetas de 2" x 2" dándole la orientación adecuada para el ensayo de flexión estática (tangencial a los anillos). En algunas vigas se apreciaron defectos como: **nudos huecos** por alto contenido de resinas, **nudos sanos** en zona de ramas (Troza IV-2), o **arista faltante** en el inicio del proceso de aserrio.

Finalmente se obtuvieron las vigas a transportar, cuyo origen de troza y árbol se detalla en el siguiente cuadro :

**Cuadro 3.2: INVENTARIO DE VIGAS POR TROZA**

ARBOL	TROZA	D comercial (pulg)	Nº de Vigas obtenidas	Nº de Viguetas obtenidas
I	I-1	25	20	2
II	II-1	20	7	0
	II-2	18	--	--
III	III-1	19	7	0
	III-2	17	--	--
IV	IV-1	24	11	2
	IV-2	23	7	1
V	V-1	23	14	2
<b>Total de Vigas para Ensayo</b>			<b>66</b>	<b>7</b>

Este proceso nos tomó 02 días en el aserradero. Las coordinaciones las hicieron los empresarios forestales con el propietario del aserradero "Viduzirraga", en el distrito de Villa Rica.



### **III.4- CARACTERÍSTICAS DE LAS PROBETAS POR ENSAYO.**

#### **III.4.1 PROBETAS PARA ENSAYO DE DENSIDAD BASICA**

Las dimensiones requeridas para este ensayo, según la norma ITINTEC, 251.011 MADERAS. Método de Determinación de la Densidad<sup>13</sup>, fueron las que se indican en el punto 4.1.2 de la norma mencionada, referidas a la determinación de la densidad en maderas saturadas, en estado seco al aire y en estado anhidro, y en concordancia con el punto 4.4.1 de la misma norma, con referencia a la determinación de la densidad básica.

Las muestras consistieron en prismas rectos de 3 cm por 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud, tomadas de las vigas ensayadas a escala natural.

#### **III.4.2 PROBETAS PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

Las dimensiones requeridas para este ensayo, según la norma ITINTEC, 251.010 MADERAS. Método de Determinación del Contenido de Humedad<sup>12</sup>, fueron las que se indican en el punto 6.1 de la norma mencionada. Ahí se indica que las dimensiones deben ser las de un prisma recto que tenga un volumen mínimo de 33 cm<sup>3</sup> y una longitud mínima de 25 mm a lo largo del grano.

Las muestras consistieron en prismas rectos de 5.0 cm por 5.0 cm de sección transversal y 2.5 cm de longitud, tomadas de las probetas ensayadas de 75 cm de longitud (02 muestras por probeta), y de 2.5 cm por 2.5 cm de sección transversal y 10 cm de longitud, tomadas de las probetas ensayadas de 41 cm de longitud (01 muestra por probeta). Estas dimensiones hacen que cada muestra tenga un volumen aprox. de 62.5 cm<sup>3</sup> en ambos casos, lo que cumple con la norma.

En el caso de las vigas, las muestras consistieron en prismas rectos de 3.0 cm por 3.0 cm de sección transversal y 10 cm de longitud (02 muestras por viga). Estas dimensiones hacen que cada muestra tenga aproximadamente un volumen de 90 cm<sup>3</sup>, cumpliendo con las dimensiones mínimas requeridas.

### III.4.3 PROBETAS PARA ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

Las dimensiones requeridas para este ensayo, según la norma ITINTEC, 251.017 MADERAS. Método de Ensayo de Flexión Estática<sup>14</sup>, fueron las que se indican en el punto 3.1 de la norma mencionada.

Se habilitaron 15 probetas de 2,5 cm x 2,5 cm de sección transversal y 41 cm de longitud total (35 cm de luz libre), y 21 probetas de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 75 cm de longitud total (70 cm de luz libre), aún cuando solo 20 de estas últimas estuvieron visualmente libres de defectos, requisito para este ensayo.

### III.4.4 VIGAS PARA ENSAYO DE FLEXION A ESCALA NATURAL

Las dimensiones requeridas para este ensayo, según la norma ITINTEC, 251.107 MADERA ASERRADA. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural<sup>16</sup>, fueron las que se indican en el punto 6.2 de la norma mencionada. Ahí se indica que las dimensiones tendrán una longitud mínima de 19 veces el peralte.

En nuestro caso, y como es frecuente en este tipo de proyectos que se realizan en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, se habilitaron vigas de 4 cm x 14 cm de sección transversal, y 3.60 m de longitud total.

La luz libre para los ensayos fue de 3.00 metros, lo que hace 21.4 veces el peralte y en algunos casos hasta 22.3 veces el peralte (Cuando se tuvo que cepillar hasta 13.45 cm de peralte), cumpliendo siempre con la norma.



Fig. 3.5: Selección de Vigas para el cepillado (Izquierda superior), y Vigas cepilladas de 4x14x300cm (Derecha). UNI, Lima.

## CAPITULO IV

# ENSAYOS REALIZADOS A LOS ESPECIMENES

Luego del proceso de selección de muestras en el bosque y aserrio en el distrito de Villa Rica, y la habilitación de vigas y probetas en la Carpintería de la UNI, se realizaron los ensayos correspondientes. Este trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI.

### IV.1- ENSAYOS PARA DETERMINAR PROPIEDADES FISICAS.

Pasamos a describir los pasos seguidos en cada ensayo. El equipo empleado, su normatividad, algunas ilustraciones y otras precisiones se han detallado en el capítulo anterior.

#### IV.1.1 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

##### A. Objetivo

Seguir el procedimiento según norma para determinar los Contenidos de Humedad para vigas y para probetas.

##### B. Norma

ITINTEC 251.010: Método de determinación del Contenido de Humedad

##### C. Definiciones Previas

**Contenido de Humedad (CH).**- Es el porcentaje en peso que tiene el agua libre más al agua higroscópica, en relación al peso de la madera anhidra. Se expresa en % .

$$CH = \frac{(PA - PSH)}{PSH} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{Ec.4.1})$$

PA: Peso actual de la muestra, incluyendo agua libre más agua higroscópica.

**Agua libre.-** Es aquella que se encuentra en las cavidades celulares, y que se pierde cuando la madera está expuesta al aire, hasta alcanzar un punto de saturación de las fibras (PSF), aproximadamente al 30% de CH, dependiendo del medio ambiente. Hasta ese momento, la madera no sufre cambios dimensionales ni en sus propiedades físicas.

**Agua higroscópica.-** Es aquella que se encuentra impregnada a las paredes celulares, y que se pierde al estar la madera expuesta al aire hasta alcanzar un equilibrio higroscópico con la humedad relativa de la atmósfera circundante, aproximadamente al 15% de CH. Si se desea perder toda el agua higroscópica se debe recurrir a procedimientos de secado artificial (Secado al horno).

**Madera anhidra.-** Es aquella a la que se ha eliminado todo su contenido de humedad. A los efectos de este ensayo, se considera anhidra aquella probeta de madera sometida a secado en horno eléctrico, a una temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , hasta que obtiene un peso constante.

#### **D. Procedimiento.**

- a. Se habilitan muestras de madera de cada viga y de cada probeta ensayada. Las dimensiones solicitadas a carpintería fueron según norma.
- b. Se pesan las probetas y se obtiene el peso de la madera con agua libre más el agua higroscópica (PA).
- c. Se introducen las probetas al horno eléctrico. En nuestro caso la temperatura llegaba a los  $109^{\circ}\text{C}$  pues compartía el uso con otros materiales del LEM. Las probetas permanecieron por más de 24 horas.
- d. Se retiran las probetas y se dejan enfriar un par de horas. Luego se pesan hasta obtener un peso constante, y se obtiene así el PSH.

#### **E. Datos de laboratorio**

Los datos de laboratorio y el cálculo respectivo se presenta seguidamente.

**TABLA N° 4.1**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE VIGAS EN ESTADO NATURAL**

VIGA	MUESTRA	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	C.H. PROMEDIO (%)
01	01A	94.50	66.00	43.18	41.28
	01B	88.50	63.50	39.37	
02	02A	85.50	52.50	62.86	51.28
	02B	91.50	65.50	39.69	
03	03A	92.00	62.50	47.20	44.53
	03B	91.50	64.50	41.86	
04	04A	82.00	57.50	42.61	45.20
	04B	83.50	56.50	47.79	
05	05A	92.50	64.00	44.53	42.49
	05B	95.50	68.00	40.44	
06	06A	94.00	67.00	40.30	44.75
	06B	92.50	62.00	49.19	
07	07A	63.50	43.50	45.98	50.02
	07B	85.50	55.50	54.05	
08	08A	93.00	62.50	48.80	46.86
	08B	85.50	59.00	44.92	
09	09A	81.00	61.00	32.79	31.18
	09B	74.50	57.50	29.57	
10	10A	80.50	63.00	27.78	34.20
	10B	90.00	64.00	40.63	
11	11A	92.50	65.00	42.31	39.69
	11B	79.50	58.00	37.07	
12	12A	63.00	46.50	35.48	32.10
	12B	60.50	47.00	28.72	
13	13A	93.50	62.00	50.81	46.33
	13B	91.50	64.50	41.86	
14	14A	82.00	42.00	95.24	88.83
	14B	83.00	45.50	82.42	
15	15A	96.00	65.50	46.56	44.54
	15B	90.50	63.50	42.52	
16	16A	97.50	60.00	62.50	61.08
	16B	95.00	59.50	59.66	
17	17A	74.00	47.00	57.45	48.57
	17B	91.50	65.50	39.69	
18	18A	97.50	65.50	48.85	37.84
	18B	78.00	61.50	26.83	
19	19A	80.00	48.00	66.67	62.63
	19B	78.50	49.50	58.59	
20	20A	100.50	69.00	45.65	38.59
	20B	60.50	46.00	31.52	

VIGA	MUESTRA	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	C.H. PROMEDIO (%)
21	21A	84.00	54.50	54.13	45.16
	21B	71.50	52.50	36.19	
22	22A	83.50	62.50	33.60	30.69
	22B	80.50	63.00	27.78	
23	23A	86.50	65.00	33.08	32.82
	23B	85.50	64.50	32.56	
24	24A	100.50	75.50	33.11	30.00
	24B	92.00	72.50	26.90	
25	25A	77.50	56.50	37.17	36.93
	25B	74.50	54.50	36.70	
26	26A	89.50	66.00	35.61	37.03
	26B	99.00	71.50	38.46	
27	27A	90.00	54.00	66.67	49.20
	27B	68.50	52.00	31.73	
28	28A	85.50	58.50	46.15	38.93
	28B	81.00	61.50	31.71	
29	29A	88.00	68.00	29.41	29.26
	29B	86.50	67.00	29.10	
30	30A	90.00	55.50	62.16	57.21
	30B	84.50	55.50	52.25	
31	31A	82.50	61.00	35.25	36.57
	31B	85.50	62.00	37.90	
32	32A	85.50	54.00	58.33	55.77
	32B	83.50	54.50	53.21	
33	33A	88.50	55.50	59.46	56.58
	33B	83.00	54.00	53.70	
34	34A	97.00	62.50	55.20	53.42
	34B	92.50	61.00	51.64	
35	35A	101.50	69.50	46.04	37.98
	35B	82.50	63.50	29.92	
36	36A	92.50	53.50	72.90	67.25
	36B	90.50	56.00	61.61	
37	37A	90.50	59.50	52.10	49.00
	37B	89.00	61.00	45.90	
38	38A	93.50	64.00	46.09	42.74
	38B	92.00	66.00	39.39	
39	39A	89.00	60.00	48.33	39.55
	39B	85.00	65.00	30.77	
40	40A	87.00	46.50	87.10	74.80
	40B	91.00	56.00	62.50	

<b>C.H. PROMEDIO (%)=</b>	<b>45.82</b>
<b>DESV. ESTANDAR (%)=</b>	<b>12.44</b>
<b>COEF. VARIACION (%)=</b>	<b>27.16</b>

**TABLA N° 4.2**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE PROBETAS (5x5x75cm)**

ARBOL	PROBETA	MUESTRA	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	C. H. (%)	C. H. PROMEDIO (%)
I	01	01A	48.50	39.00	24.36	23.43
		01B	49.00	40.00	22.50	
I	02	02A	47.00	38.00	23.68	23.84
		02B	46.50	37.50	24.00	
I	03	03A	48.50	38.50	25.97	25.17
		03B	48.50	39.00	24.36	
I	04	04A	48.50	38.50	25.97	25.81
		04B	49.00	39.00	25.64	
I	05	05A	49.00	41.00	19.51	20.38
		05B	48.50	40.00	21.25	
II	06	06A	47.50	39.00	21.79	21.79
		06B	47.50	39.00	21.79	
IV	07	08A	51.50	39.50	30.38	30.38
		08B	51.50	39.50	30.38	
IV	08	09A	52.00	41.00	26.83	27.44
		09B	52.50	41.00	28.05	
IV	09	10A	51.50	41.50	24.10	24.85
		10B	51.50	41.00	25.61	
IV	10	11A	49.00	39.50	24.05	23.28
		11B	49.00	40.00	22.50	
IV	11	12A	51.50	41.00	25.61	25.61
		12B	51.50	41.00	25.61	
IV	12	13A	52.50	39.00	34.62	34.62
		13B	52.50	39.00	34.62	
V	13	14A	51.00	37.50	36.00	35.11
		14B	51.00	38.00	34.21	
V	14	15A	55.50	40.50	37.04	35.83
		15B	52.50	39.00	34.62	
V	15	16A	51.00	38.00	34.21	34.87
		16B	51.50	38.00	35.53	
V	16	17A	52.50	40.00	31.25	31.45
		17B	52.00	39.50	31.65	
V	17	18A	49.00	38.00	28.95	28.95
		18B	49.00	38.00	28.95	
V	18	19A	49.50	39.00	26.92	27.56
		19B	50.00	39.00	28.21	
V	19	20A	52.00	37.00	40.54	39.35
		20B	52.50	38.00	38.16	
II	20	21A	50.50	39.50	27.85	27.39
		21B	49.50	39.00	26.92	

<b>C.H. PROMEDIO (%) =</b>	<b>28.35</b>
<b>DESV. ESTANDAR (%) =</b>	<b>5.30</b>
<b>COEF. VARIACION (%) =</b>	<b>18.69</b>

**TABLA N° 4.3**  
**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**  
**ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE PROBETAS**  
**(2,5x2,5x41,0cm)**

PROBETA	MUESTRA	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	C.H. (%)
P.1	1A	51.00	42.00	21.43
P.2	2A	55.00	41.50	32.53
P.3	3A	55.00	44.00	25.00
P.4	4A	52.50	40.00	31.25
P.5	5A	49.50	40.00	23.75
P.6	6A	46.00	38.00	21.05
P.7	7A	46.50	38.00	22.37
P.8	8A	50.00	38.00	31.58
P.9	9A	48.00	39.00	23.08
P.10	10A	48.00	39.50	21.52
P.11	10A	50.00	38.50	29.87
P.12	11A	48.00	37.00	29.73
P.13	12A	45.00	36.50	23.29
P.14	13A	49.00	37.50	30.67
P.15	14A	47.50	38.50	23.38

<b>C.H. PROMEDIO (%) =</b>	<b>26.03</b>
<b>DESV. ESTANDAR (%) =</b>	<b>4.31</b>
<b>COEF. VARIACION (%) =</b>	<b>16.54</b>



## IV.1.2 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA

### A. Objetivo

Seguir el procedimiento según norma para determinar el valor de la Densidad Básica.

### B. Norma

ITINTEC 251.011: Método de determinación de la Densidad.

### C. Definiciones Previas

**Densidad básica (DB).**- Es el cociente entre el peso de la probeta anhidra (o peso seco al horno PSH) y el volumen en estado saturado (VES) correspondiente. Se expresa en g/cm<sup>3</sup>.

$$DB = \frac{PSH}{VES} \left( \frac{g}{cm^3} \right) \quad (\text{Ec.4.2})$$

Se usa este parámetro pues es un valor más estable para toda especie maderera en general, pues no depende tanto del Contenido de Humedad.

**Madera saturada.**- A los efectos de este ensayo, se considera saturada aquella probeta de madera que ha alcanzado el máximo contenido de humedad al haber sido sumergida en agua.

**Madera en estado verde.**- Se considera así a la madera aserrada que no ha sufrido ningún proceso de secado, y visiblemente no ha perdido mucho contenido de agua, es decir, su C.H. está por encima del punto de saturación de las fibras, aproximadamente por encima del 30%.

**Madera semi seca ó húmeda.**- Se conoce así a la madera cuyo C.H. se encuentra entre el equilibrio higroscópico y el punto de saturación de las fibras.

#### **D. Procedimiento.**

- a. Se habilitan probetas de madera de las vigas ensayadas. Las dimensiones solicitadas a carpintería fueron según norma.
- b. Se saturan las probetas en agua hasta que alcance un peso constante, en nuestro caso se hizo por un período de 19 días.
- c. Se determina el VES por un método indirecto: inmersión en agua. En un vaso graduado (precisión de 0.05 litro), se llena de agua hasta una lectura conocida, teniendo así la primera lectura ( $L_1$ ). Luego sumergimos la probeta erguida, empujando con una aguja fina para mantenerla totalmente cubierta de agua, y realizamos una segunda lectura ( $L_2$ ).
- d. La probeta de madera es retirada a la brevedad posible a fin de evitar absorción. El volumen de agua desplazado representa el VES:

$$VES = L_2 - L_1 \quad (\text{Ec.4.3})$$

- e. Se introducen las probetas al horno eléctrico a  $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ . En nuestro caso la temperatura llegaba a los  $109^\circ\text{C}$  pues compartía el uso con otros materiales del LEM. Las probetas permanecieron por lo menos 23 horas, como consta en las hojas de registro.
- f. Se retiran las probetas y se dejan enfriar un par de horas. Luego se pesan hasta obtener un peso constante, el cual será el valor del PSH.

#### **E. Datos de laboratorio**

Los datos de laboratorio para las muestras, obtenidas de las vigas ensayadas, y el cálculo de la densidad básica (Método indirecto) se presentan en el siguiente cuadro.

**TABLA Nº 4.4**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: DENSIDAD BASICA EN VIGAS EN ESTADO NATURAL**

VIGA	MUESTRA	PESO SECO (g)	VOLUMEN HUMEDO (cm3)	DENSIDAD BASICA (g/cm3)	D.B. PROMEDIO (g/cm3)
01	01A	61.50	94.00	0.65	0.63
	01B	57.00	93.00	0.61	
02	02A	62.50	94.00	0.66	0.61
	02B	53.00	96.00	0.55	
03	03A	60.50	96.00	0.63	0.63
	03B	59.50	94.00	0.63	
04	04A	49.50	95.00	0.52	0.53
	04B	50.50	93.00	0.54	
05	05A	66.00	94.00	0.70	0.68
	05B	62.00	95.00	0.65	
06	06A	63.00	96.00	0.66	0.66
	06B	62.00	93.00	0.67	
07	07A	53.00	94.00	0.56	0.53
	07B	46.50	95.00	0.49	
08	08A	52.50	96.00	0.55	0.58
	08B	59.00	95.00	0.62	
09	09A	61.50	95.00	0.65	0.64
	09B	59.50	94.00	0.63	
10	10A	62.50	94.00	0.66	0.66
	10B	62.50	95.00	0.66	
11	11A	55.50	93.00	0.60	0.63
	11B	63.00	95.00	0.66	
12	12A	55.00	96.00	0.57	0.56
	12B	54.00	97.00	0.56	
13	13A	63.00	93.00	0.68	0.62
	13B	54.00	95.00	0.57	
14	14A	54.50	95.00	0.57	0.50
	14B	41.00	94.00	0.44	
15	15A	62.00	96.00	0.65	0.65
	15B	62.50	95.00	0.66	
16	16A	58.50	94.00	0.62	0.63
	16B	58.50	93.00	0.63	
17	17A	64.50	96.00	0.67	0.67
	17B	63.50	94.00	0.68	
18	18A	61.50	96.00	0.64	0.66
	18B	65.50	97.00	0.68	
19	19A	55.00	95.00	0.58	0.58
	19B	56.50	97.00	0.58	
20	20A	56.50	94.00	0.60	0.62
	20B	60.50	95.00	0.64	

VIGA	MUESTRA	PESO SECO (g)	VOLUMEN HUMEDO (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD BASICA (g/cm <sup>3</sup> )	D.B. PROMEDIO (g/cm <sup>3</sup> )
21	21A	51.50	94.00	0.55	0.53
	21B	49.50	95.00	0.52	
22	22A	65.50	96.00	0.68	0.67
	22B	63.00	95.00	0.66	
23	23A	59.00	94.00	0.63	0.61
	23B	56.00	95.00	0.59	
24	24A	66.00	94.00	0.70	0.70
	24B	66.50	96.00	0.69	
25	25A	49.50	94.00	0.53	0.50
	25B	44.00	94.00	0.47	
26	26A	65.50	95.00	0.69	0.67
	26B	61.50	95.00	0.65	
27	27A	53.50	96.00	0.56	0.55
	27B	52.50	95.00	0.55	
28	28A	57.50	97.00	0.59	0.60
	28B	57.00	94.00	0.61	
29	29A	62.50	98.00	0.64	0.65
	29B	62.00	95.00	0.65	
30	30A	58.00	95.00	0.61	0.57
	30B	51.00	97.00	0.53	
31	31A	56.00	94.00	0.60	0.62
	31B	61.50	95.00	0.65	
32	32A	56.50	95.00	0.59	0.59
	32B	57.00	97.00	0.59	
33	33A	53.50	94.00	0.57	0.57
	33B	55.50	96.00	0.58	
34	34A	55.50	96.00	0.58	0.58
	34B	55.00	95.00	0.58	
35	35A	57.50	95.00	0.61	0.63
	35B	60.00	93.00	0.65	
36	36A	53.00	94.00	0.56	0.56
	36B	53.00	94.00	0.56	
37	37A	61.00	96.00	0.64	0.62
	37B	57.00	94.00	0.61	
38	38A	62.00	95.00	0.65	0.68
	38B	65.50	93.00	0.70	
39	39A	58.00	96.00	0.60	0.62
	39B	59.00	93.00	0.63	
40	40A	53.50	95.00	0.56	0.56
	40B	52.00	93.00	0.56	

<b>D.B. PROMEDIO =</b>	<b>0.61</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR =</b>	<b>0.05</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>COEF. VARIACION =</b>	<b>8.37</b>	<b>%</b>

## IV.2- ENSAYOS PARA DETERMINAR PROPIEDADES MECÁNICAS.

### IV.2.1 ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROBETAS

#### A. Objetivo

Realizar los ensayos en probetas libres de defectos para obtener datos que permitan graficar la curva carga–deformación, y determinar los valores del Esfuerzo al Límite Proporcional, Resistencia a la Flexión y Módulo de Elasticidad.

#### B. Norma

ITINTEC 251.017: MÉTODO DE ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

#### C. Definiciones Previas

**Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP).**- El esfuerzo de la fibra al límite proporcional es el máximo punto de esfuerzo en el que la madera mantiene, en promedio, un comportamiento elástico. El valor de ELP se expresa en kgf/cm<sup>2</sup> y se obtiene de la expresión:

$$ELP = \frac{3PL}{2ae^2} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.4})$$

Donde:

P: carga al límite proporcional (kgf).

L: luz libre (Distancia entre los soportes), en cm.

a: ancho de la probeta (cm).

e: espesor de la probeta (cm).

**Carga al Límite Proporcional (P).**- Se determina sobre la curva carga-deformación, trazando una tangente (Aproximada) desde cero. Le corresponde el punto donde la tangente se separa de la curva.

**Módulo de Ruptura (MOR).**- Es el máximo esfuerzo que puede soportar el elemento estructural, de un material isotrópico. Siendo la madera un material anisotrópico, utilizaremos el concepto de **Resistencia a la**

**Flexión**, el cual se suele asociar con un equivalente Módulo de Ruptura para la madera (Aún cuando no es el término teóricamente adecuado).

Entonces, el máximo esfuerzo resistente a la flexión en probetas (Que denotaremos como MOR sólo para coincidir con la abreviatura usada en otros trabajos similares anteriores), se expresa en  $\text{kgf/cm}^2$ , y se obtiene de la expresión:

$$\text{MOR} = \frac{3Ql}{2ae^2} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.5})$$

Donde:

Q: carga máxima (kgf).

L: luz libre (Distancia entre los soportes), en cm.

a: ancho de la probeta (cm).

e: espesor de la probeta (cm).

**Módulo de Elasticidad (MOE).**- Representa la relación del esfuerzo unitario y la deformación unitaria dentro del límite de proporcionalidad. El valor del MOE se expresa en  $\text{kgf/cm}^2$  y se obtiene de la expresión:

$$\text{MOE} = \frac{Pl^3}{4ae^3Y} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.6})$$

Donde:

P: carga al límite proporcional (kgf).

L: luz libre (Distancia entre los soportes), en cm.

a: ancho de la probeta (cm).

e: espesor de la probeta (cm).

Y: deflexión en el centro de luz al límite proporcional (cm).

Nota.- Para los efectos de cálculo trabajaremos con la relación P/Y obtenida de la pendiente de la gráfica **F vs. def**, pues es un valor más constante y nos da una mejor aproximación mientras se mantiene el comportamiento elástico de la probeta.

#### D. Procedimiento.

- Una vez habilitadas las probetas, se ubica el centro de luz de cada una de ellas, a fin de tomar la lectura de las deflexiones en ese punto.
- Se aplica la carga en el centro de la probeta, sobre la cara tangencial más próxima a la médula.
- La aplicación de la carga se hace a velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa de 1.5 mm/min para probetas de 2.5 cm x 2.5 cm x 41 cm, y de 2.5 mm/min para probetas de 5 cm x 5 cm x 75 cm.
- En el caso que el equipo empleado no disponga de dispositivos capaces de registrar automáticamente la curva que relaciona la carga aplicada y la deformación obtenida se medirán las deflexiones producidas en el centro de luz para cargas progresivas (Con intervalos de cargas cada 100 kgf o 50 kgf), de modo que se pueda trazar el gráfico carga-deformación y de ese gráfico obtener la carga al límite proporcional.

#### E. Datos de laboratorio

La toma de datos se realizó en formatos cuyo modelo presentamos a continuación de la figura 4.1 (La totalidad de los registros se presentan en el Anexo B).

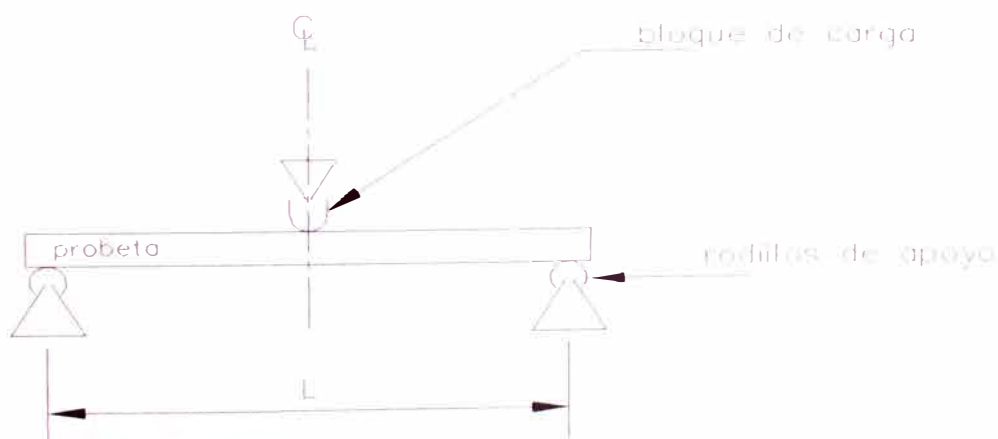


Fig. 4.1 Ensayo de Probetas:  
Esquema de aplicación de cargas y apoyos

**PROBETA: 02**

DIMENSIONES: B= 5,15  
 H= 5,15  
 L= 70,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 829,03$$

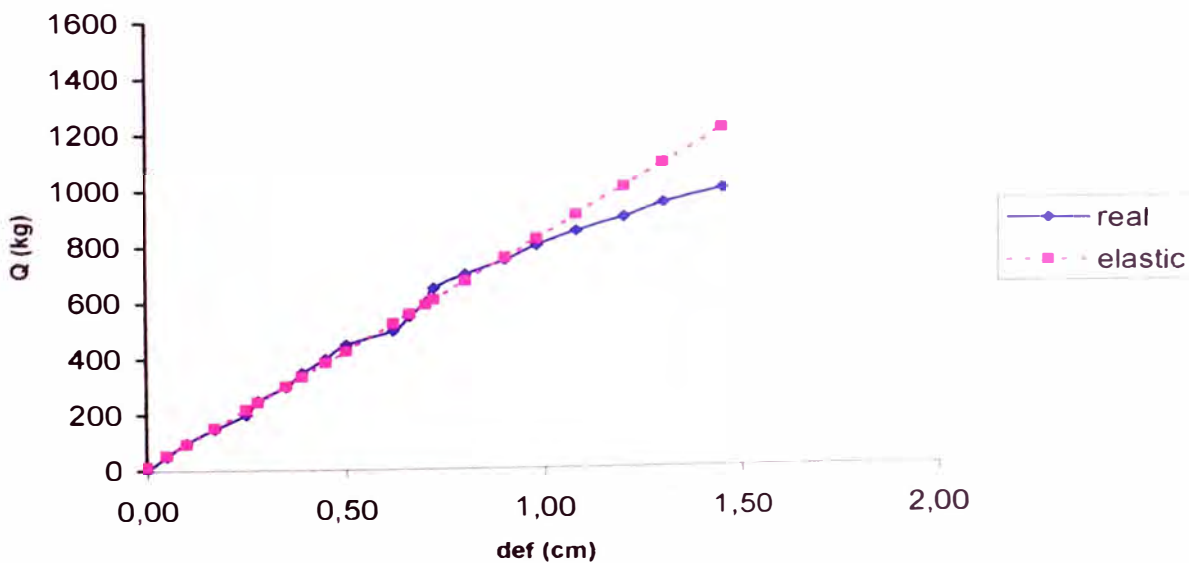
$$b (L/2) = 12,70$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,997$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	12,70	0,00
50	54,15	0,05
100	95,60	0,10
150	153,64	0,17
200	219,96	0,25
250	244,83	0,28
300	302,86	0,35
350	336,02	0,39
400	385,77	0,45
450	427,22	0,50
500	526,70	0,62
550	559,86	0,66
600	593,02	0,70
650	609,60	0,72
700	675,93	0,80
750	758,83	0,90
800	825,15	0,98
850	908,06	1,08
900	1007,54	1,20
950	1090,44	1,30
1000	1214,80	1,45
1050	--	--
1100		
1150		
1200		

**Probeta 02 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**





**PROBETA: P.02**

DIMENSIONES: B= 2,50  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 441,10$$

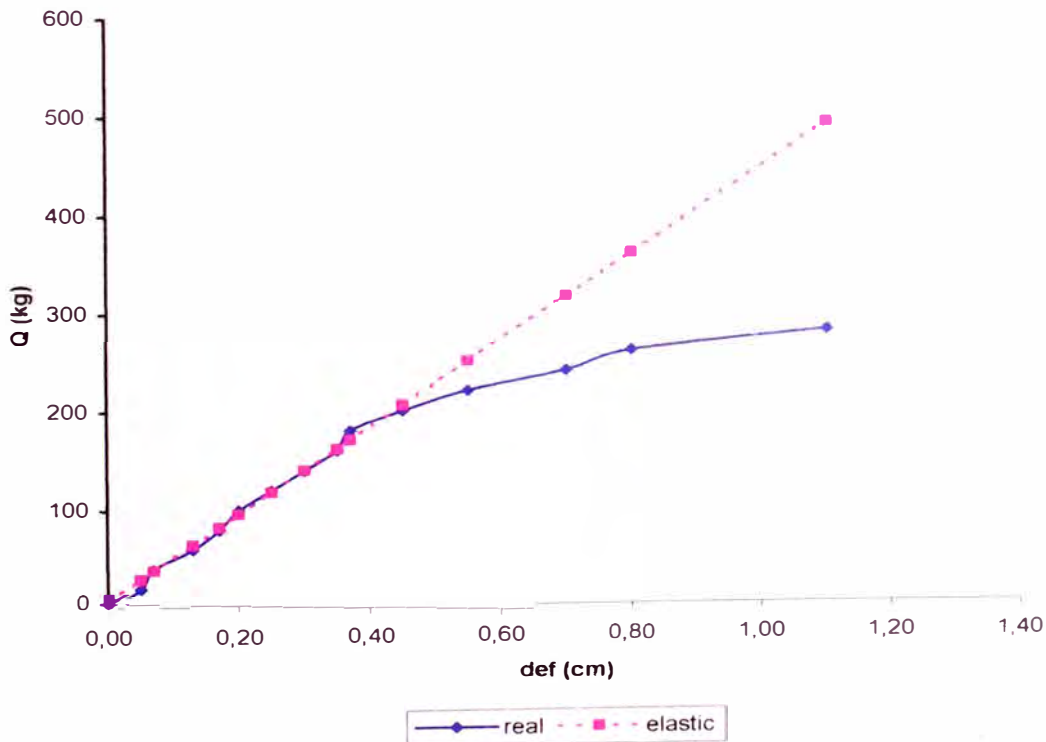
$$b (L/2) = 7,77$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,996$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	7,77	0,00
20	29,82	0,05
40	38,65	0,07
60	65,11	0,13
80	82,76	0,17
100	95,99	0,20
120	118,04	0,25
140	140,10	0,30
160	162,15	0,35
180	170,98	0,37
200	206,26	0,45
220	250,37	0,55
240	316,54	0,70
260	360,65	0,80
280	492,98	1,10
300	--	--

**Probeta P.02 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



## IV.3- ENSAYO DE VIGAS A ESCALA NATURAL

### IV.3.1 ENSAYO DE FLEXIÓN PARA VIGAS A ESCALA NATURAL

#### A. Objetivo

Realizar los ensayos en vigas clasificadas por el método visual para uso estructural, a fin de obtener datos que permitan graficar la curva carga-deformación, y obtener los valores del Resistencia a la flexión, Módulo de Ruptura y Módulo de Elasticidad.

#### B. Norma

ITINTEC 251.107: MÉTODO DE ENSAYO DE FLEXIÓN PARA VIGAS A ESCALA NATURAL.

#### C. Definiciones Previas

**Resistencia a la Flexión ( $f_{m,u}$ ).**- Es el máximo esfuerzo resistente en flexión, que puede soportar la madera y que origina falla en la viga. El valor de  $f_{m,u}$  se expresa en  $\text{kgf/cm}^2$  y se obtiene de la expresión:

$$f_{m,u} = \frac{dF_u}{2Z} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.7})$$

Donde:

$d$  : distancia entre los puntos de carga y de apoyo de la viga (cm).

$F_u$  : carga máxima (kgf).

$Z$  : módulo de sección ( $\text{cm}^3$ ).

**Esfuerzo básico ( $f_b$ ).**- Es el esfuerzo mínimo obtenido y corresponde al límite de exclusión del 5% ( $0.05N$ , donde  $N$  es el número de ensayos) de los valores hallados para el máximo esfuerzo ( $f_{m,u}$ ) de todas las vigas ensayadas, ordenando estos valores de menor a mayor. Estadísticamente se espera que de toda la población existente de la especie estudiada, solo el 5% tenga una resistencia menor a este valor.

**Módulo de Elasticidad Aparente (MOE<sub>a</sub>).**- Representa la relación del esfuerzo unitario y la deformación unitaria, sin considerar los esfuerzos de corte. El valor del MOE se expresa en kgf/cm<sup>2</sup> y en el caso de las vigas a escala natural (Fig. 4.2), se obtiene de la expresión:

$$MOE = \frac{5 L^3 \Delta P}{384 I \Delta w} K \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.8})$$

Para el caso de las vigas ensayadas, la solución matemática de la ecuación anterior indica que el valor para la constante K es:

$$K = 2.726$$

Por lo que la ecuación 4.8 se reduce a:

$$MOE_a = \frac{L^3 \Delta P}{28.173 I \Delta w} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.9})$$

Donde:

L : luz libre (Distancia entre los soportes), en cm.

ΔP : incremento de carga por debajo del límite proporcional (kgf).

I : momento de inercia de la sección (cm<sup>4</sup>).

Δw : deformación bajo el incremento de carga (cm).

Nota.- Para los efectos de cálculo trabajaremos con la relación ΔP/Δw obtenida de la pendiente de la gráfica **F vs. def**, pues nos da una mejor aproximación mientras se mantiene el comportamiento elástico de la viga.

**Módulo de Elasticidad Real (MOE<sub>r</sub>).**- Representa la relación del esfuerzo unitario y la deformación unitaria, considerando las deformaciones por corte que suceden en los puntos de contacto. Esta influencia es mínima para elementos en los que la relación luz a peralte "L/h" es mayor a 14 (En nuestro caso L/h ~ 21.5). Sin embargo, siendo este valor el real, hallaremos el MOE<sub>r</sub> mediante la expresión:

$$MOE_r = \frac{PL^3}{216 I(\Delta_{L/2} - \Delta_{L/3})} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (\text{Ec.4.10})$$

Donde:

P : carga al límite proporcional (kgf).

I : momento de inercia de la sección (cm<sup>4</sup>).

$\Delta_{L/2}$  : deformación bajo la acción de P, en el centro de luz (cm).

$\Delta_{L/3}$  : deformación bajo la acción de P, en el tercio de luz (cm).

Nota.- Igualmente a los casos anteriores, para los efectos de cálculo del Módulo de Elasticidad real trabajaremos con la relación  $P / (\Delta_{L/2} - \Delta_{L/3})$  obtenida de la pendiente de la gráfica **F vs.  $\Delta$** , pues nos da una mejor aproximación mientras se mantiene el comportamiento elástico de la viga.

#### D. Procedimiento.

- Una vez habilitadas las vigas, se ubican los tercios de luz y el centro de luz de cada viga, a fin de tomar la lectura de las deflexiones en dichos puntos.
- Se ubica la viga en la plataforma de ensayo, según el esquema de la figura 4.2 (Ver fig. 4.3 y fotos adjuntas en Anexo A).
- Se aplica la carga en los tercios de luz de la viga, a una velocidad promedio de 0.25 mm/seg (15mm/min).
- En el caso que el equipo empleado no disponga de dispositivos capaces de registrar automáticamente la curva que relaciona la carga aplicada y la deformación obtenida se medirán las deflexiones producidas en el centro de luz y en los tercios de luz, para cargas progresivas (Con intervalos de cargas cada 50 kgf), de modo que se pueda obtener el gráfico carga-deformación.

#### E. Datos de laboratorio

La totalidad de los registros se presentan en el Anexo B. El esquema de la aplicación de la carga se muestra en la norma ITINTEC 251.107 (Ver Anexo C).

	CARGA APLICADA (kg)	LECTURA EN L/3 (cm)	LECTURA EN L/2 (cm)
Código: 4.1.2			
VIGA: 26	0	5.30	5.20
DIMENSIONES:	30	5.30	5.20
B= 4.00 cm	60	5.50	5.45
H= 13.80 cm	90	5.75	5.70
L= 363.00 cm	120	6.00	6.00
	150	6.20	6.30
FECHA: 08/SET/2005	180	6.45	6.50
HORA: 10:23 - 10:56	200	6.60	6.70
	250	6.80	7.00
OBS:	300	7.15	7.30
NUDO L: X=2.15 m Y=7.0cm	350	7.50	7.70
long= 10 cm	400	8.00	8.20
Vetas taninos en tercios lat.	450	8.30	8.60
ARQUEDURA: 1cm	500	8.65	9.00
	550	9.05	9.40
FALLA:	600	9.40	9.85
aplastamiento y compresión	650	9.95	10.45
en pto. de apoyo	700	10.40	11.00
	750	10.80	11.55
	800	11.30	12.20
	850	11.80	12.80
Pu:	900	12.80	14.05
920 kg	920	13.30	14.60
	Recup	5.65	5.70

Fig. 4.2: Ejemplo de formato empleado en la toma de datos.

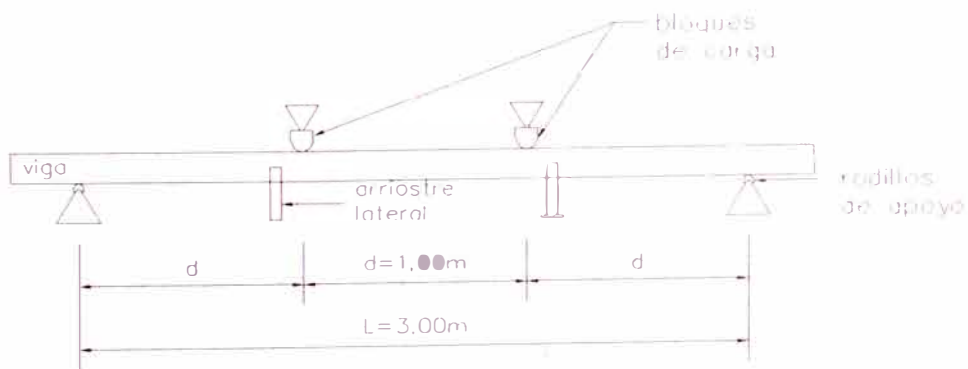


Fig. 4.2 Ensayo de Vigas: Esquema de aplicación de cargas y apoyos.

## CAPITULO V

# ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo presentaremos los cálculos realizados y los resultados obtenidos para los principales ensayos, así como otros resultados útiles que se derivan de lo trabajado.

### V.1- PROCESAMIENTO DE DATOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS.

Los valores de Contenido de Humedad no necesitan mayores análisis, de modo que se obtuvieron directamente y se presentaron en el capítulo anterior. Para el caso de los MOR y MOE, el cálculo del ajuste lineal de cada viga y probeta se adjunta en la parte de Anexos.

#### V.1.1 DENSIDADES OBTENIDAS A PARTIR DE LAS VIGAS.

Se pudo obtener la **densidad básica** usando los métodos descritos en la norma respectiva (ITINTEC 251.011). Ambos resultados se muestran en las tablas 4.4 para el método indirecto, y la tabla 5.1 para el método directo. Existe una variación de solo el 5% entre estos valores, pero la mejor aproximación la da el ensayo en el que se obtiene el volumen de la muestra por inmersión en agua (Método indirecto - Tabla 4.4).

Además, como se tenían otras muestras habilitadas, se pudo completar los resultados para la densidad de la madera en estado verde ó húmedo (Tabla 5.2) y en estado anhidro (Tabla 5.3). Con estos valores se puede clasificar el uso no estructural de la madera. Así, aproximando el valor de la densidad relativa al 15% de CH por una regla de tres simple directa: se tiene:

$$\begin{aligned} D (45.8\%CH) &= 0.96 \text{ g/cm}^3 \\ D ( 0.0\%CH) &= 0.74 \text{ g/cm}^3 \\ \rightarrow D (15.0\%CH) &= 0.81 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Inclusive el valor real debe ser algo mayor ( $D = 0.83 \text{ g/cm}^3$ ), pues las mayores variaciones en las propiedades físicas de la madera se dan luego del punto de saturación de las fibras (30% CH aprox.) Sin embargo, el valor de  $D_{(15\% \text{ CH})} = 0.81 \text{ g/cm}^3$  es suficiente para clasificarla como Madera Medianamente Dura, en uso no estructural.

**TABLA N° 5.1**  
**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**  
**ENSAYO: DENSIDAD BASICA EN VIGAS (METODO DIRECTO)**

VIGA	MUESTRA	PESO SECO (g)	VOL. HUM. Met. Directo (cm3)	DEN. BAS. Met. Directo (g/cm3)	D.B. PROMEDIO (g/cm3)
01	01A	61,50	90,00	0,68	0,66
	01B	57,00	90,00	0,63	
02	02A	62,50	90,00	0,69	0,64
	02B	53,00	90,00	0,59	
03	03A	60,50	90,00	0,67	0,67
	03B	59,50	90,00	0,66	
04	04A	49,50	90,00	0,55	0,56
	04B	50,50	90,00	0,56	
05	05A	66,00	90,00	0,73	0,71
	05B	62,00	90,00	0,69	
06	06A	63,00	90,00	0,70	0,69
	06B	62,00	90,00	0,69	
07	07A	53,00	90,00	0,59	0,55
	07B	46,50	90,00	0,52	
08	08A	52,50	90,00	0,58	0,62
	08B	59,00	90,00	0,66	
09	09A	61,50	90,00	0,68	0,67
	09B	59,50	90,00	0,66	
10	10A	62,50	90,00	0,69	0,69
	10B	62,50	90,00	0,69	
11	11A	55,50	90,00	0,62	0,66
	11B	63,00	90,00	0,70	
12	12A	55,00	90,00	0,61	0,61
	12B	54,00	90,00	0,60	
13	13A	63,00	90,00	0,70	0,65
	13B	54,00	90,00	0,60	
14	14A	54,50	90,00	0,61	0,53
	14B	41,00	90,00	0,46	
15	15A	62,00	90,00	0,69	0,69
	15B	62,50	90,00	0,69	
16	16A	58,50	90,00	0,65	0,65
	16B	58,50	90,00	0,65	
17	17A	64,50	90,00	0,72	0,71
	17B	63,50	90,00	0,71	
18	18A	61,50	90,00	0,68	0,71
	18B	65,50	90,00	0,73	
19	19A	55,00	90,00	0,61	0,62
	19B	56,50	90,00	0,63	
20	20A	56,50	90,00	0,63	0,65
	20B	60,50	90,00	0,67	

VIGA	MUESTRA	PESO SECO (g)	VOL. HUM. Met. Directo (cm <sup>3</sup> )	DEN. BAS. Met. Directo (g/cm <sup>3</sup> )	D.B. PROMEDIO (g/cm <sup>3</sup> )
21	21A	51,50	90,00	0,57	0,56
	21B	49,50	90,00	0,55	
22	22A	65,50	90,00	0,73	0,71
	22B	63,00	90,00	0,70	
23	23A	59,00	90,00	0,66	0,64
	23B	56,00	90,00	0,62	
24	24A	66,00	90,00	0,73	0,74
	24B	66,50	90,00	0,74	
25	25A	49,50	90,00	0,55	0,52
	25B	44,00	90,00	0,49	
26	26A	65,50	90,00	0,73	0,71
	26B	61,50	90,00	0,68	
27	27A	53,50	90,00	0,59	0,59
	27B	52,50	90,00	0,58	
28	28A	57,50	90,00	0,64	0,64
	28B	57,00	90,00	0,63	
29	29A	62,50	90,00	0,69	0,69
	29B	62,00	90,00	0,69	
30	30A	58,00	90,00	0,64	0,61
	30B	51,00	90,00	0,57	
31	31A	56,00	90,00	0,62	0,65
	31B	61,50	90,00	0,68	
32	32A	56,50	90,00	0,63	0,63
	32B	57,00	90,00	0,63	
33	33A	53,50	90,00	0,59	0,61
	33B	55,50	90,00	0,62	
34	34A	55,50	90,00	0,62	0,61
	34B	55,00	90,00	0,61	
35	35A	57,50	90,00	0,64	0,65
	35B	60,00	90,00	0,67	
36	36A	53,00	90,00	0,59	0,59
	36B	53,00	90,00	0,59	
37	37A	61,00	90,00	0,68	0,66
	37B	57,00	90,00	0,63	
38	38A	62,00	90,00	0,69	0,71
	38B	65,50	90,00	0,73	
39	39A	58,00	90,00	0,64	0,65
	39B	59,00	90,00	0,66	
40	40A	53,50	90,00	0,59	0,59
	40B	52,00	90,00	0,58	

<b>D.B. PROMEDIO (M.D.) =</b>	<b>0,64</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR =</b>	<b>0,07</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>COEF. VARIACION =</b>	<b>10,12</b>	<b>%</b>



**TABLA N° 5.2**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: DENSIDAD DE LA MADERA EN ESTADO VERDE**

VIGA	MUESTRA	BASE	ALTURA	LONGITUD	PESO HUMEDO (g)	VOLUMEN HUMEDO (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )
01	01A	3,0	3,0	10,0	94,50	90,00	1,05
	01B	3,0	3,0	10,0	88,50	90,00	0,98
02	02A	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
	02B	3,0	3,0	10,0	91,50	90,00	1,02
03	03A	3,0	3,0	10,0	92,00	90,00	1,02
	03B	3,0	3,0	10,0	91,50	90,00	1,02
04	04A	3,0	3,0	10,0	82,00	90,00	0,91
	04B	3,0	3,0	10,0	83,50	90,00	0,93
05	05A	3,0	3,0	10,0	92,50	90,00	1,03
	05B	3,0	3,0	10,0	95,50	90,00	1,06
06	06A	3,0	3,0	10,0	94,00	90,00	1,04
	06B	3,0	3,0	10,0	92,50	90,00	1,03
07	07A	3,0	3,0	10,0	63,50	90,00	0,71
	07B	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
08	08A	3,0	3,0	10,0	93,00	90,00	1,03
	08B	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
09	09A	3,0	3,0	10,0	81,00	90,00	0,90
	09B	3,0	3,0	10,0	74,50	90,00	0,83
10	10A	3,0	3,0	10,0	80,50	90,00	0,89
	10B	3,0	3,0	10,0	90,00	90,00	1,00
11	11A	3,0	3,0	10,0	92,50	90,00	1,03
	11B	3,0	3,0	10,0	79,50	90,00	0,88
12	12A	3,0	3,0	10,0	63,00	90,00	0,70
	12B	3,0	3,0	10,0	60,50	90,00	0,67
13	13A	3,0	3,0	10,0	93,50	90,00	1,04
	13B	3,0	3,0	10,0	91,50	90,00	1,02
14	14A	3,0	3,0	10,0	82,00	90,00	0,91
	14B	3,0	3,0	10,0	83,00	90,00	0,92
15	15A	3,0	3,0	10,0	96,00	90,00	1,07
	15B	3,0	3,0	10,0	90,50	90,00	1,01
16	16A	3,0	3,0	10,0	97,50	90,00	1,08
	16B	3,0	3,0	10,0	95,00	90,00	1,06
17	17A	3,0	3,0	10,0	74,00	90,00	0,82
	17B	3,0	3,0	10,0	91,50	90,00	1,02
18	18A	3,0	3,0	10,0	97,50	90,00	1,08
	18B	3,0	3,0	10,0	78,00	90,00	0,87
19	19A	3,0	3,0	10,0	80,00	90,00	0,89
	19B	3,0	3,0	10,0	78,50	90,00	0,87
20	20A	3,0	3,0	10,0	100,50	90,00	1,12
	20B	3,0	3,0	10,0	60,50	90,00	0,67

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

VIGA	MUESTRA	BASE	ALTURA	LONGITUD	PESO HUMEDO (g)	VOLUMEN HUMEDO (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )
21	21A	3,0	3,0	10,0	84,00	90,00	0,93
	21B	3,0	3,0	10,0	71,50	90,00	0,79
22	22A	3,0	3,0	10,0	83,50	90,00	0,93
	22B	3,0	3,0	10,0	80,50	90,00	0,89
23	23A	3,0	3,0	10,0	86,50	90,00	0,96
	23B	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
24	24A	3,0	3,0	10,0	100,50	90,00	1,12
	24B	3,0	3,0	10,0	92,00	90,00	1,02
25	25A	3,0	3,0	10,0	77,50	90,00	0,86
	25B	3,0	3,0	10,0	74,50	90,00	0,83
26	26A	3,0	3,0	10,0	89,50	90,00	0,99
	26B	3,0	3,0	10,0	99,00	90,00	1,10
27	27A	3,0	3,0	10,0	90,00	90,00	1,00
	27B	3,0	3,0	10,0	68,50	90,00	0,76
28	28A	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
	28B	3,0	3,0	10,0	81,00	90,00	0,90
29	29A	3,0	3,0	10,0	88,00	90,00	0,98
	29B	3,0	3,0	10,0	86,50	90,00	0,96
30	30A	3,0	3,0	10,0	90,00	90,00	1,00
	30B	3,0	3,0	10,0	84,50	90,00	0,94
31	31A	3,0	3,0	10,0	82,50	90,00	0,92
	31B	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
32	32A	3,0	3,0	10,0	85,50	90,00	0,95
	32B	3,0	3,0	10,0	83,50	90,00	0,93
33	33A	3,0	3,0	10,0	88,50	90,00	0,98
	33B	3,0	3,0	10,0	83,00	90,00	0,92
34	34A	3,0	3,0	10,0	97,00	90,00	1,08
	34B	3,0	3,0	10,0	92,50	90,00	1,03
35	35A	3,0	3,0	10,0	101,50	90,00	1,13
	35B	3,0	3,0	10,0	82,50	90,00	0,92
36	36A	3,0	3,0	10,0	92,50	90,00	1,03
	36B	3,0	3,0	10,0	90,50	90,00	1,01
37	37A	3,0	3,0	10,0	90,50	90,00	1,01
	37B	3,0	3,0	10,0	89,00	90,00	0,99
38	38A	3,0	3,0	10,0	93,50	90,00	1,04
	38B	3,0	3,0	10,0	92,00	90,00	1,02
39	39A	3,0	3,0	10,0	89,00	90,00	0,99
	39B	3,0	3,0	10,0	85,00	90,00	0,94
40	40A	3,0	3,0	10,0	87,00	90,00	0,97
	40B	3,0	3,0	10,0	91,00	90,00	1,01

<b>D.verde PROMEDIO =</b>	<b>0,96</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR =</b>	<b>0,10</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>COEF. VARIACION =</b>	<b>10,22</b>	<b>%</b>

**TABLA N° 5.3**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: DENSIDAD DE LA MADERA EN ESTADO ANHIDRO**

VIGA	MUESTRA	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD ANHIDRA (g/cm <sup>3</sup> )
01	01A	66,00	73,00	0,90
	01B	63,50	74,00	0,86
02	02A	52,50	79,00	0,66
	02B	65,50	80,00	0,82
03	03A	62,50	80,00	0,78
	03B	64,50	81,00	0,80
04	04A	57,50	84,00	0,68
	04B	56,50	84,00	0,67
05	05A	64,00	83,00	0,77
	05B	68,00	85,00	0,80
06	06A	67,00	82,00	0,82
	06B	62,00	83,00	0,75
07	07A	43,50	84,00	0,52
	07B	55,50	81,00	0,69
08	08A	62,50	78,00	0,80
	08B	59,00	81,00	0,73
09	09A	61,00	76,00	0,80
	09B	57,50	76,00	0,76
10	10A	63,00	87,00	0,72
	10B	64,00	85,00	0,75
11	11A	65,00	83,00	0,78
	11B	58,00	84,00	0,69
12	12A	46,50	88,00	0,53
	12B	47,00	88,00	0,53
13	13A	62,00	80,00	0,78
	13B	64,50	82,00	0,79
14	14A	42,00	78,00	0,54
	14B	45,50	78,00	0,58
15	15A	65,50	85,00	0,77
	15B	63,50	85,00	0,75
16	16A	60,00	78,00	0,77
	16B	59,50	78,00	0,76
17	17A	47,00	81,00	0,58
	17B	65,50	84,00	0,78
18	18A	65,50	80,00	0,82
	18B	61,50	82,00	0,75
19	19A	48,00	77,00	0,62
	19B	49,50	78,00	0,63
20	20A	69,00	78,00	0,88
	20B	46,00	80,00	0,58

VIGA	MUESTRA	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm3)	DENSIDAD ANHIDRA (g/cm3)
21	21A	54,50	82,00	0,66
	21B	52,50	85,00	0,62
22	22A	62,50	82,00	0,76
	22B	63,00	80,00	0,79
23	23A	65,00	82,00	0,79
	23B	64,50	80,00	0,81
24	24A	75,50	80,00	0,94
	24B	72,50	80,00	0,91
25	25A	56,50	75,00	0,75
	25B	54,50	75,00	0,73
26	26A	66,00	76,00	0,87
	26B	71,50	80,00	0,89
27	27A	54,00	80,00	0,68
	27B	52,00	82,00	0,63
28	28A	58,50	78,00	0,75
	28B	61,50	78,00	0,79
29	29A	68,00	80,00	0,85
	29B	67,00	80,00	0,84
30	30A	55,50	75,00	0,74
	30B	55,50	80,00	0,69
31	31A	61,00	78,00	0,78
	31B	62,00	80,00	0,78
32	32A	54,00	75,00	0,72
	32B	54,50	78,00	0,70
33	33A	55,50	80,00	0,69
	33B	54,00	78,00	0,69
34	34A	62,50	82,00	0,76
	34B	61,00	83,00	0,73
35	35A	69,50	78,00	0,89
	35B	63,50	80,00	0,79
36	36A	53,50	80,00	0,67
	36B	56,00	78,00	0,72
37	37A	59,50	78,00	0,76
	37B	61,00	80,00	0,76
38	38A	64,00	78,00	0,82
	38B	66,00	80,00	0,83
39	39A	60,00	80,00	0,75
	39B	65,00	83,00	0,78
40	40A	46,50	75,00	0,62
	40B	56,00	78,00	0,72

<b>D.anh PROMEDIO =</b>	<b>0,74</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR =</b>	<b>0,09</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>COEF. VARIACION =</b>	<b>12,29</b>	<b>%</b>

## V.1.2 ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL Y RESISTENCIA A LA FLEXION PARA VIGAS Y PROBETAS.

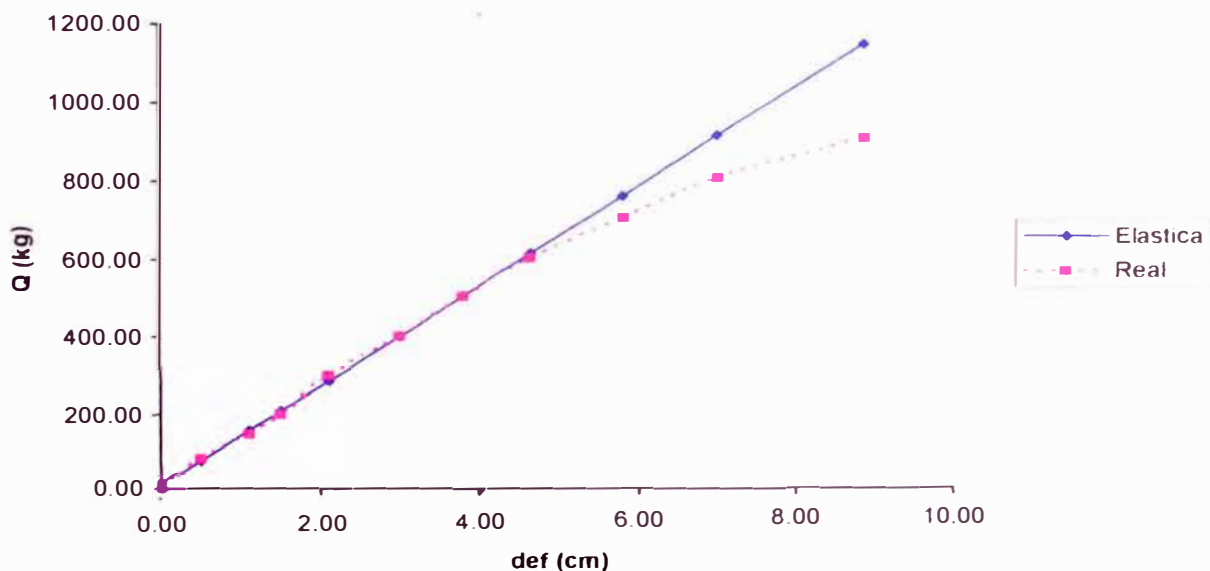
### A) ESFUERZOS EN VIGAS

#### Cálculo del Esfuerzo en el Límite Proporcional (ELP)

Se determina según la ecuación 4.7 (Cap. 4), cuya carga será la que se obtiene del gráfico que resulta de la comparación de las curvas teórica y real de esfuerzos en cada viga, en el punto donde ambas curvas se separan. Como ejemplo se muestra el caso de la viga 26, cuya solución y cálculos previos se adjuntan en la parte de Anexos.

En este caso, el valor estimado para la carga aplicada en el límite del estado elástico es de 600 kg y el valor calculado del ELP es de 472.59 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores para cada viga, el promedio y su desviación estándar se muestran en la tabla 5.4

**Gráfico 5.1: Comparación del comportamiento de la Deformada en L/2 - Viga 26**



#### Resistencia a la Flexión en vigas

El esfuerzo máximo a la flexión en vigas se obtiene según la ecuación 4.7 (Cap. 4) y los valores se muestran en la tabla 5.4

TABLA N° 5.4

ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA

TROZA	VIGA	B (cm)	H (cm)	L (cm)	a (cm)	Z (cm <sup>3</sup> )	P (kg)	Fu (kg)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	f mu (kg/cm <sup>2</sup> )
I-1	01	4,00	13,85	300	100	128	480	820	375	641
I-1	02	4,00	13,90	300	100	129	580	850	450	660
I-1	03	4,05	14,05	300	100	133	700	895	525	672
I-1	04	4,00	14,05	300	100	132	500	755	380	574
I-1	05	4,00	14,10	300	100	133	500	755	377	570
I-1	06	4,10	13,45	300	100	124	600	900	485	728
I-1	07	3,95	13,45	300	100	119	600	765	504	642
I-1	08	4,00	13,45	300	100	121	470	630	390	522
I-1	09	4,00	14,05	300	100	132	650	860	494	653
I-1	10	4,05	14,15	300	100	135	600	940	444	696
I-1	11	4,05	14,15	300	100	135	700	880	518	651
I-1	12	4,00	14,15	300	100	133	620	860	464	644
I-1	13	3,95	13,45	300	100	119	520	650	437	546
I-1	14	3,95	13,40	300	100	118	600	780	508	660
II-1	15	4,05	13,90	300	100	130	500	805	383	617
II-1	16	4,05	14,10	300	100	134	600	920	447	686
II-1	17	4,00	14,00	300	100	131	480	655	367	501
II-1	18	4,05	13,90	300	100	130	520	740	399	567
III-1	19	4,00	14,05	300	100	132	500	830	380	631
III-1	20	4,00	13,95	300	100	130	600	720	462	555

"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"  
 ch. Ing. Raúl Vicente Tacuchi

TROZA	VIGA	B (cm)	H (cm)	L (cm)	a (cm)	Z (cm <sup>3</sup> )	P (kg)	Fu (kg)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	f mu (kg/cm <sup>2</sup> )
III-1	21	4,00	14,10	300	100	133	700	860	528	649
III-1	22	3,95	14,00	300	100	129	600	690	465	535
III-1	23	4,00	14,05	300	100	132	720	865	547	657
III-1	24	4,00	14,00	300	100	131	550	910	421	696
III-1	25	4,00	13,40	300	100	120	500	620	418	518
IV-1	26	4,00	13,80	300	100	127	600	920	473	725
IV-1	27	4,05	14,00	300	100	132	470	680	355	514
IV-1	28	4,00	14,00	300	100	131	520	960	398	735
IV-1	29	4,00	14,00	300	100	131	560	930	429	712
IV-1	30	3,95	14,10	300	100	131	560	870	428	665
IV-2	31	3,95	14,05	300	100	130	660	900	508	693
IV-2	32	4,00	14,05	300	100	132	700	950	532	722
IV-2	33	3,95	13,15	300	100	114	500	755	439	663
V-1	34	4,00	13,75	300	100	126	480	970	381	770
V-1	35	4,00	13,95	300	100	130	590	885	455	682
V-1	36	4,00	13,90	300	100	129	590	790	458	613
V-1	37	4,00	14,10	300	100	133	700	855	528	645
V-1	38	4,05	13,95	300	100	131	720	905	548	689
V-1	39	3,90	13,95	300	100	126	600	900	474	712
V-1	40	4,00	13,00	300	100	113	500	630	444	559
<b>PROMEDIO</b>									<b>450</b>	<b>639</b>
<b>DESV. ESTANDAR</b>									<b>55</b>	<b>69</b>
<b>COEF. VARIACION (%)</b>									<b>12</b>	<b>11</b>
<b>ESFUERZO BASICO</b>									<b>367</b>	<b>514</b>

OBRA: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

PROPIETARIO: Universidad Nacional de Ingenieria

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
1.01	Limpieza de terreno y nivelacion

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/dia	TOTAL (SI./ UNIDAD)
Abr-07	m2	21.33	7.61

**1.- MANO DE OBRA**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0 0000	0 00	0 00
	Operario	hh	0.00	0 0000	0 00	0 00
	Oficial	hh	0.00	0 0000	0 00	0 00
	Peón	hh	2.00	0 7501	9 66	7 25

Precio Unitario Mano de Obra (SI.) 7 25

**2.- MATERIALES**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
						0 00

Precio Unitario Materiales (SI.) 0 00

**3.- EQUIPOS**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	7 25	0 36

Precio Unitario Equipos (SI.) 0 36

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: SI. 3.18



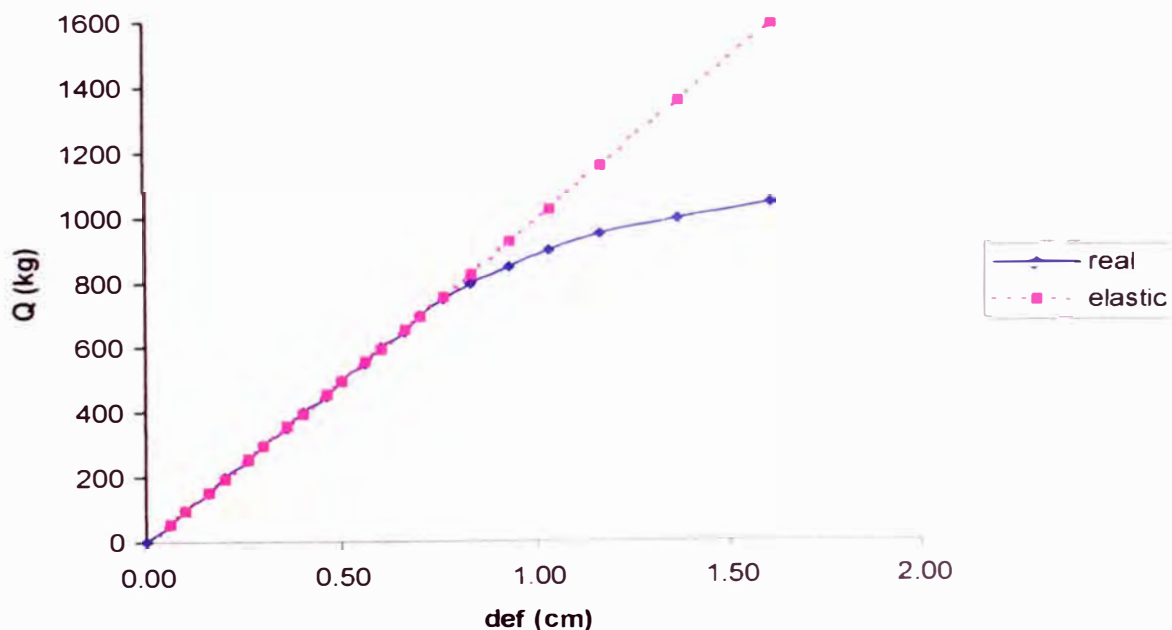
## B) ESFUERZOS EN PROBETAS

### Esfuerzo en el Límite Proporcional

Se determina según la ecuación 4.4 (Cap. 4), cuya carga será la que se obtiene del gráfico que resulta de la comparación de las curvas teórica y real de esfuerzos en cada probeta, en el punto donde ambas curvas se separan. Como ejemplo se muestra el caso de la probeta ES.15 (5x5x75cm), cuya solución y cálculos previos se adjuntan en la parte de Anexos.

En este caso, el valor estimado para la carga aplicada en el límite del estado elástico es de 740 kg y el valor calculado del ELP es de 568.85 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores para cada probeta, el promedio y su desviación estándar se muestran en las tablas 5.5 y 5.6 según sus dimensiones.

**Gráfico 5.4: Comparación del comportamiento de la deformada en L/2 - Probeta 14**



### Resistencia a la Flexión en probetas

La Resistencia a la Flexión (Denotada por MOR según se explicó en el Cap. 4) se obtiene de las probetas libres de defectos, y se calcula según la ecuación 4.5 (Cap. 4). Los valores se muestran en las tablas 5.5 y 5.6 para cada tipo de probeta ensayada.

**TABLA N° 5.5**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS DE 5cm x 5cm x 75cm . DETERMINACION DEL ELP y MOR**

ARBOL	PROBETA	B (cm)	H (cm)	L (cm)	a (cm)	Z (cm3)	F <sub>u</sub> (kg)	QLP (kg)	ELP (kg/cm2)	MOR (kg/cm2)	
I	01	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1130	700	538	869	
I	02	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1010	740	569	776	
I	03	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1100	720	553	846	
I	04	5,20	5,20	70,00	35,00	23,43	1260	760	568	941	
I	05	5,20	5,20	70,00	35,00	23,43	735	700	523	549	
I	06	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	990	720	553	761	
IV	07	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1080	670	515	830	
IV	08	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1150	770	592	884	
IV	09	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1300	760	584	999	
IV	10	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1150	700	538	884	
IV	11	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1050	850	653	807	
IV	12	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1120	700	538	861	
V	13	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1210	750	577	930	
V	14	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1080	740	569	830	
V	15	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1180	840	646	907	
V	16	5,20	5,20	70,00	35,00	23,43	1240	800	597	926	
V	17	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1145	760	538	880	
V	18	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1220	620	477	938	
V	19	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1200	830	638	922	
II	20	5,15	5,15	70,00	35,00	22,77	1130	700	538	869	
<b>PROMEDIO</b>									<b>565</b>	<b>860</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR</b>									<b>45</b>	<b>94</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>COEF. VARIACION</b>									<b>8</b>	<b>11</b>	<b>%</b>
<b>ESFUERZO BASICO</b>									<b>513</b>	<b>750</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>

**TABLA N° 5.6**  
**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**  
**ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS DE 2.5cm x 2.5cm x 41.0cm**  
**DETERMINACION DEL M.O.R.**

PROBETA	B (cm)	H (cm)	L (cm)	a (cm)	Z (cm3)	Fu (kg)	QLP (kg)	ELP (kg/cm2)	MOR (kg/cm2)	
01	2,50	2,50	35,00	17,50	2,60	310	230	773	1042	
02	2,50	2,50	35,00	17,50	2,60	280	200	672	941	
03	2,50	2,50	35,00	17,50	2,60	290	225	756	974	
04	2,50	2,50	35,00	17,50	2,60	260	180	605	874	
05	2,30	2,50	35,00	17,50	2,40	290	215	785	1059	
06	2,50	2,30	35,00	17,50	2,20	210	115	457	834	
07	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	260	180	684	987	
08	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	250	200	760	949	
09	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	270	200	760	1025	
10	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	210	180	684	798	
11	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	260	180	684	987	
12	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	235	120	456	892	
13	2,40	2,30	35,00	17,50	2,12	240	100	414	992	
14	2,30	2,50	35,00	17,50	2,40	235	190	694	858	
15	2,40	2,40	35,00	17,50	2,30	240	110	418	911	
PROMEDIO								<b>640</b>	<b>942</b>	kg/cm <sup>2</sup>
DESV. ESTANDAR								<b>136</b>	<b>71</b>	kg/cm <sup>2</sup>
COEF. VARIACION								<b>21</b>	<b>8</b>	%
ESFUERZO BASICO								<b>416</b>	<b>823</b>	kg/cm <sup>2</sup>

### V.1.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA VIGAS Y PROBETAS.

#### A) MOE EN VIGAS

##### Cálculo del MOE<sub>a</sub> en vigas sin considerar efectos de Corte

Se determina según la ecuación 4.9 (Cap. 4), cuya relación  $\Delta P / \Delta w$  se obtiene del gráfico que resulta del ajuste lineal para los esfuerzos en el rango elástico de cada viga. Siguiendo el ejemplo de la viga 26, la relación anterior equivale a la pendiente del gráfico, que resulta ser:

$$\frac{\Delta P}{\Delta w} = m = 126.98 \text{ kg/cm} , \text{ en } x = L/2$$

En este caso, el valor calculado para el MOE<sub>a</sub> es de 138 919 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores para cada viga, el promedio de ellas y su desviación estándar se muestran en la tabla 5.7 .

##### Cálculo del MOE<sub>r</sub> en vigas considerando efectos de Corte

Se determina según la ecuación 4.10 (Cap. 4), donde la relación  $P / ( \Delta L/2 - \Delta L/3 )$  se obtiene de los ajustes lineales (Por Mínimos Cuadrados) de los gráficos para las deformaciones en  $x=L/2$  y  $x=L/3$ , para cada viga.

Siguiendo con el ejemplo de la viga 26, el valor calculado para el MOE<sub>r</sub> es de 156 173 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores para cada viga, el promedio de ellas y su desviación estándar se muestran en la tabla 5.8 .

#### B) MOE EN PROBETAS

##### Cálculo del MOE en probetas

Se determina según la ecuación 4.6 (Cap. 4), cuya relación  $P/Y$  se obtiene del gráfico que resulta del ajuste lineal para los esfuerzos en el rango elástico de cada probeta. Siguiendo con el ejemplo de la muestra ES.15, la relación anterior equivale a la pendiente del gráfico, que resulta ser:

$$P_y = m = 1003.38 \text{ kg/cm} , \text{ en } x = L/2$$

En este caso, el valor calculado para el MOE es de 122 313 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores para cada probeta, los promedios y desviaciones estándar se muestran en las tablas 5.9 y 5.10

**TABLA N° 5.7**  
**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**  
**ENSAYO: DETERMINACION DEL MOE<sub>a</sub> (APARENTE) EN VIGAS A ESCALA**  
**NATURAL.**

VIGA	B (cm)	H (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	dp/dw (kg/cm)	MOE "Esc" (kg/cm <sup>2</sup> )
01	4,00	13,85	886	123	132842
02	4,05	13,90	906	130	137278
03	4,05	14,05	936	140	142939
04	4,00	14,05	925	120	124374
05	4,00	14,00	915	115	120550
06	4,10	13,45	831	124	142552
07	3,95	13,45	801	115	137185
08	4,00	13,45	811	106	125060
09	4,00	14,05	925	134	138808
10	4,05	14,15	956	126	125826
11	4,05	14,15	956	126	125915
12	4,00	14,15	944	133	134631
13	3,95	13,45	801	97	116247
14	3,95	13,40	792	103	124459
15	4,05	13,90	906	149	157969
16	4,05	14,10	946	150	152023
17	4,00	14,00	915	114	119521
18	4,05	13,90	906	129	135977
19	4,00	14,05	925	107	110918
20	4,00	13,95	905	137	145409
21	4,00	14,00	915	139	145914
22	3,95	14,00	903	111	118267
23	4,00	14,05	925	124	128213
24	4,00	14,00	915	126	131710
25	4,00	13,40	802	100	119997
26	4,00	13,80	876	127	138919
27	4,05	14,00	926	132	136111
28	4,00	14,00	915	146	153127
29	4,00	14,00	915	135	141222
30	3,95	14,10	923	138	143707
31	3,95	14,05	913	155	162308
32	4,00	14,05	925	142	146890
33	3,95	13,15	749	127	163222
34	4,00	13,75	867	129	142725
35	4,00	13,95	905	138	146463
36	4,00	13,90	895	128	137223
37	4,00	14,10	934	131	134036
38	4,05	13,95	916	130	135836
39	3,90	13,95	882	120	129953
40	4,00	13,00	732	84	110121

M.O.E. PROMEDIO =	135411	kg/cm <sup>2</sup>
DESV. ESTANDAR =	12850	kg/cm <sup>2</sup>
COEF. VARIACION =	9	%
M.O.E. MINIMO =	110918	kg/cm <sup>2</sup>

"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"

**TABLA N° 5.8**  
**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**  
**ENSAYO: DETERMINACION DEL MOE<sub>r</sub> EN VIGAS A ESCALA NATURAL**  
**(CONSIDERANDO EFECTOS DE CORTE)**

TROZA	VIGA	L (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta Q$ $\delta(\Delta L/2 - \Delta L/3)$ (kg/cm)	MOE <sub>r</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
I-1	01	300	886	945	133406
I-1	02	300	906	942	129880
I-1	03	300	936	1032	137853
I-1	04	300	925	796	107616
I-1	05	300	915	1095	149677
I-1	06	300	831	911	136921
I-1	07	300	801	895	139644
I-1	08	300	811	896	138101
I-1	09	300	925	1186	160357
I-1	10	300	956	974	127387
I-1	11	300	956	855	111756
I-1	12	300	944	1081	143024
I-1	13	300	801	707	110327
I-1	14	300	792	769	121310
II-1	15	300	906	1118	154162
II-1	16	300	946	1133	149740
II-1	17	300	915	817	111712
II-1	18	300	906	937	129269
III-1	19	300	925	823	111220
III-1	20	300	905	1344	185669
III-1	21	300	915	1141	155967
III-1	22	300	903	860	118991
III-1	23	300	925	1035	139878
III-1	24	300	915	902	123257
III-1	25	300	802	846	131876
IV-1	26	300	876	1094	156173
IV-1	27	300	926	1214	163794
IV-1	28	300	915	1110	151718
IV-1	29	300	915	916	125247
IV-1	30	300	923	1092	147947
IV-2	31	300	913	1375	188264
IV-2	32	300	925	1338	180849
IV-2	33	300	749	1175	196298
V-1	34	300	867	1142	164748
V-1	35	300	905	927	128064
V-1	36	300	895	1011	141146
V-1	37	300	934	1007	134758
V-1	38	300	916	900	122788
V-1	39	300	882	996	141134
V-1	40	300	732	685	116916

M.O.E. PROMEDIO =	140471	kg/cm <sup>2</sup>
DESV. ESTANDAR =	22131	kg/cm <sup>2</sup>
COEF. VARIACION =	16	%
M.O.E. MINIMO =	110327	kg/cm <sup>2</sup>

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

**TABLA Nº 5.9**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS (5cm x 5cm x 75cm)**

**DETERMINACION DEL M.O.E.**

PROBETA	B (cm)	H (cm)	L (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta p/\delta w$ (kg/cm)	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
01	5,15	5,15	70,00	58,62	916,90	111771
02	5,15	5,15	70,00	58,62	829,03	101060
03	5,15	5,15	70,00	58,62	945,32	115235
04	5,20	5,20	70,00	60,93	996,96	116922
05	5,20	5,20	70,00	60,93	859,73	100829
06	5,15	5,15	70,00	58,62	721,12	87905
07	5,15	5,15	70,00	58,62	1119,72	136494
08	5,15	5,15	70,00	58,62	1067,11	130081
09	5,15	5,15	70,00	58,62	1206,00	147012
10	5,15	5,15	70,00	58,62	1109,51	135250
11	5,15	5,15	70,00	58,62	1138,39	138770
12	5,15	5,15	70,00	58,62	1045,17	127406
13	5,15	5,15	70,00	58,62	1009,02	123000
14	5,15	5,15	70,00	58,62	1003,38	122313
15	5,15	5,15	70,00	58,62	963,46	117446
16	5,20	5,20	70,00	60,93	1022,58	119928
17	5,15	5,15	70,00	58,62	1118,85	136389
18	5,15	5,15	70,00	58,62	1006,98	122751
19	5,15	5,15	70,00	58,62	894,93	109093
20	5,15	5,15	70,00	58,62	1091,56	133062

<b>PROMEDIO</b>	<b>121636 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR</b>	<b>14748 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>COEF. VARIACION</b>	<b>12 %</b>
<b>ESFUERZO BASICO</b>	<b>100183 kg/cm<sup>2</sup></b>

**TABLA N° 5.10**

**ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA**

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS (2.5cm x 2.5cm x 35cm)**

**DETERMINACION DEL M.O.E.**

PROBETA	B (cm)	H (cm)	L (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta p/\delta w$ (kg/cm)	MOE "Esc" (kg/cm <sup>2</sup> )
01	2,50	2,50	35,00	3,26	489,18	134230
02	2,50	2,50	35,00	3,26	441,10	121037
03	2,50	2,50	35,00	3,26	400,00	109760
04	2,50	2,50	35,00	3,26	333,80	91596
05	2,30	2,50	35,00	2,99	445,16	132775
06	2,50	2,30	35,00	2,53	299,46	105524
07	2,40	2,40	35,00	2,76	353,09	114073
08	2,40	2,40	35,00	2,76	298,51	96439
09	2,40	2,40	35,00	2,76	283,00	91429
10	2,40	2,40	35,00	2,76	302,33	97673
11	2,40	2,40	35,00	2,76	379,75	122686
12	2,40	2,40	35,00	2,76	297,14	95999
13	2,40	2,30	35,00	2,43	362,64	133113
14	2,30	2,50	35,00	2,99	347,38	103609
15	2,40	2,40	35,00	2,76	333,80	107843

<b>PROMEDIO</b>	<b>110519 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>DESV. ESTANDAR</b>	<b>15157 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>COEF. VARIACION</b>	<b>14 %</b>
<b>ESFUERZO BASICO</b>	<b>91546 kg/cm<sup>2</sup></b>



## V.2 TABLAS DE RESUMEN POR ENSAYOS.

### V.2.1 RESUMEN DE RESULTADOS EN VIGAS.

ESPECIE MADERERA: EUCALIPTO SALIGNA

TABLA 5.11: CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE 40 VIGAS ENSAYADAS

VIGA	base B (cm)	peralte H (cm)	long libre L (cm)	area A (cm <sup>2</sup> )	inercia I (cm <sup>4</sup> )	mod secc. Z (cm <sup>3</sup> )
01	4,00	13,85	300,00	55,40	885,58	127,88
02	4,00	13,90	300,00	55,60	895,21	128,81
03	4,05	14,05	300,00	56,90	936,06	133,25
04	4,00	14,05	300,00	56,20	924,50	131,60
05	4,00	14,10	300,00	56,40	934,41	132,54
06	4,10	13,45	300,00	55,15	831,32	123,62
07	3,95	13,45	300,00	53,13	800,91	119,09
08	4,00	13,45	300,00	53,80	811,05	120,60
09	4,00	14,05	300,00	56,20	924,50	131,60
10	4,05	14,15	300,00	57,31	956,19	135,15
11	4,05	14,15	300,00	57,31	956,19	135,15
12	4,00	14,15	300,00	56,60	944,38	133,48
13	3,95	13,45	300,00	53,13	800,91	119,09
14	3,95	13,40	300,00	52,93	792,01	118,21
15	4,05	13,90	300,00	56,30	906,40	130,42
16	4,05	14,10	300,00	57,11	946,09	134,20
17	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67	130,67
18	4,05	13,90	300,00	56,30	906,40	130,42
19	4,00	14,05	300,00	56,20	924,50	131,60
20	4,00	13,95	300,00	55,80	904,90	129,74
21	4,00	14,10	300,00	56,40	934,41	132,54
22	3,95	14,00	300,00	55,30	903,23	129,03
23	4,00	14,05	300,00	56,20	924,50	131,60
24	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67	130,67
25	4,00	13,40	300,00	53,60	802,03	119,71
26	4,00	13,80	300,00	55,20	876,02	126,96
27	4,05	14,00	300,00	56,70	926,10	132,30
28	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67	130,67
29	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67	130,67
30	3,95	14,10	300,00	55,70	922,73	130,88
31	3,95	14,05	300,00	55,50	912,95	129,96
32	4,00	14,05	300,00	56,20	924,50	131,60
33	3,95	13,15	300,00	51,94	748,50	113,84
34	4,00	13,75	300,00	55,00	866,54	126,04
35	4,00	13,95	300,00	55,80	904,90	129,74
36	4,00	13,90	300,00	55,60	895,21	128,81
37	4,00	14,10	300,00	56,40	934,41	132,54
38	4,05	13,95	300,00	56,50	916,21	131,36
39	3,90	13,95	300,00	54,41	882,28	126,49
40	4,00	13,00	300,00	52,00	732,33	112,67

ESPECIE MADERERA: EUCALIPTO SALIGNA

TABLA 5.12: RESUMEN DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

VIGA	D.B. (g/cm <sup>3</sup> )	C H (%)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>mu</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE <sub>a</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	0,63	41,3	375	641	132842
02	0,61	51,3	450	660	137278
03	0,63	44,5	525	672	142939
04	0,53	45,2	380	574	124374
05	0,68	42,5	377	570	120550
06	0,66	44,7	485	728	142552
07	0,53	50,0	504	642	137185
08	0,58	46,9	390	522	125060
09	0,64	31,2	494	653	138808
10	0,66	34,2	444	696	125826
11	0,63	39,7	518	651	125915
12	0,56	32,1	464	644	134631
13	0,62	46,3	437	546	116247
14	0,50	88,8	508	660	124459
15	0,65	44,5	383	617	157969
16	0,63	61,1	447	686	152023
17	0,67	48,6	367	501	119521
18	0,66	37,8	399	567	135977
19	0,58	62,6	380	631	110918
20	0,62	38,6	462	555	145409
21	0,53	45,2	528	649	145914
22	0,67	30,7	465	535	118267
23	0,61	32,8	547	657	128213
24	0,70	30,0	421	696	131710
25	0,50	36,9	418	518	119997
26	0,67	37,0	473	725	138919
27	0,55	49,2	355	514	136111
28	0,60	38,9	398	735	153127
29	0,65	29,3	429	712	141222
30	0,57	57,2	428	665	143707
31	0,62	36,6	508	693	162308
32	0,59	55,8	532	722	146890
33	0,57	56,6	439	663	163222
34	0,58	53,4	381	770	142725
35	0,63	38,0	455	682	146463
36	0,56	67,3	458	613	137223
37	0,62	49,0	528	645	134036
38	0,68	42,7	548	689	135836
39	0,62	39,6	474	712	129953
40	0,56	74,8	444	559	110121
PROMEDIO	<b>0,61</b>	45,8	450	<b>639</b>	<b>135411</b>
MINIMO(5to. Percentil)			367	<b>514</b>	<b>110918</b>

## V.2.2 RESUMEN DE RESULTADOS EN PROBETAS.

ESPECIE MADERERA: EUCALIPTO SALIGNA

TABLA 5.13: CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROBETAS: 20 MUESTRAS DE 5 x 5 x 75 cm

Probeta	base B (cm)	peralte H (cm)	long.libre L (cm)	inercia I (cm <sup>4</sup> )	mod.sec. Z (cm <sup>3</sup> )	C.H. (%)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
01	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	23,43	538	869	111771
02	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	23,84	569	776	101060
03	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	25,17	553	846	115235
04	5,20	5,20	70,00	60,93	23,43	25,81	568	941	116922
05	5,20	5,20	70,00	60,93	23,43	21,79	523	549	100829
06	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	20,39	553	761	87905
07	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	30,38	515	830	136494
08	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	27,44	592	884	130081
09	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	24,85	584	999	147012
10	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	23,28	538	884	135250
11	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	25,61	653	807	138770
12	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	34,62	538	861	127406
13	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	35,11	577	930	123000
14	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	35,83	569	830	122313
15	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	34,87	646	907	117446
16	5,20	5,20	70,00	60,93	23,43	31,45	597	926	119928
17	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	28,95	538	880	136389
18	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	27,56	477	938	122751
19	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	39,35	638	922	109093
20	5,15	5,15	70,00	58,62	22,77	27,39	538	869	133062
PROMEDIO						28,35	565	860	121636
MINIMO(5to. Percentil)							513	750	100183

### V.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

#### V.3.1 INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN VIGAS Y PROBETAS.

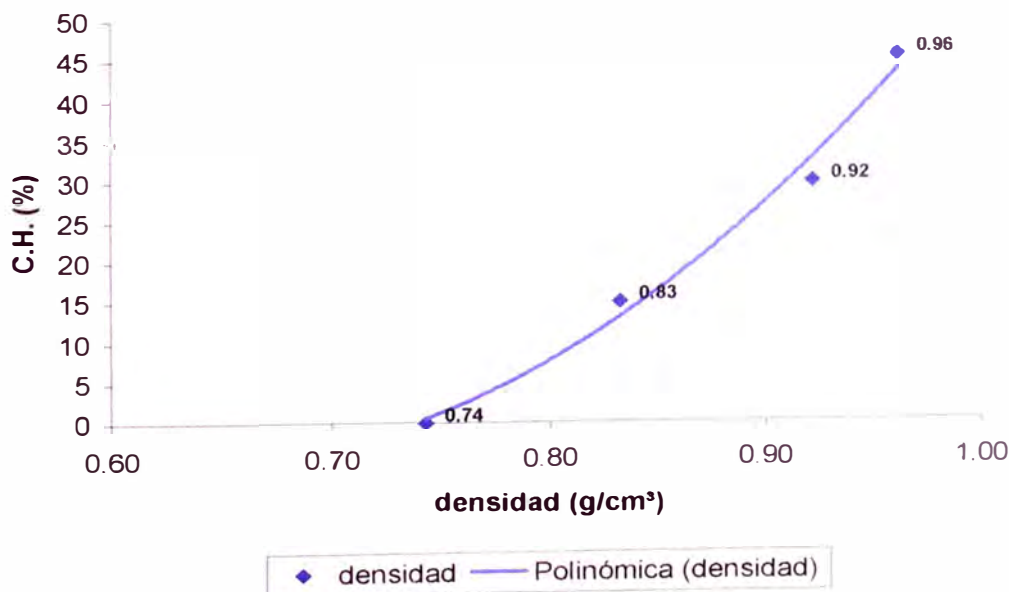
##### A) CH vs. Densidad en las muestras de vigas.

Como se muestra en las tablas 5.2 y 5.3 , existe una variación entre la densidad de la madera E. Saligna en estado verde con su densidad en estado anhidro:

$$\frac{dv}{da} = \frac{0.96}{0.74} = 1.30$$

Es decir, para una diferencia de 45% de C.H. existe una diferencia en el valor de la **densidad relativa** del orden del 30% . Pero no se trata de una relación que varíe en forma directamente proporcional, sino que – basados en numerosos estudios que demuestran las propiedades de la madera en general – se tendría un punto notable de cambio de sus propiedades físicas y mecánicas , que ocurre en el punto de saturación de las fibras (PSF), alrededor del 30% de C.H.

**Gráfico 5.5: Influencia del CH en la densidad relativa. Especie: Eucalipto Saligna.**



## B) CH vs. Resistencia en las probetas.

Las probetas de 75 cm y las de 41 cm de longitud se ensayaron con un lapso de tiempo de un par de días entre ambos tipos de muestras, lo que originó, además de la diferencia de dimensiones y momentos de inercia, una pequeña variación en su contenido de humedad.

$$CH_{\text{probetas } 75} = 28.35\%$$

$$CH_{\text{probetas } 41} = 26.03\%$$

Analizando los promedios, que estadísticamente serían los valores más consistentes, tenemos:

$$MOR_{\text{prob } 75} = 860.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$MOR_{\text{prob } 41} = 941.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rightarrow \frac{MOR_{\text{prob}41}}{MOR_{\text{prob}75}} = 1.094$$

Lo que indica una variación de casi el 10% entre probetas de la misma especie maderera ensayadas casi al mismo tiempo.

La diferencia de valores en promedio y mínimo que resultan de ambos tipos de probetas, se debe en realidad a tres factores: <sup>1)</sup> el tamaño, <sup>2)</sup> la procedencia de las probetas más pequeñas, y <sup>3)</sup> su CH. Debido a las pocas muestras ensayadas y a la finalidad del estudio, no podemos cuantificar la influencia de estos factores en este resultado, pero podemos explicar cualitativamente algunos de estos aspectos.

El tamaño, por ejemplo, relaciona sus dimensiones con la inercia del elemento; al momento del ensayo, la velocidad de la aplicación de la carga debe provocar una variación en el comportamiento de las probetas de distinta sección transversal. Además, según la relación de Bohannon, la influencia del factor tamaño se puede estimar como:

$$FT = \left(\frac{5}{h}\right)^{(1/9)} \quad \text{Ec. 5.1}$$

donde:

h : peralte, en cm

FT: factor tamaño

*Esta relación toma como base una probeta cuyo peralte es de 5 cm , y el peralte h pertenece a la viga ó probeta a comparar .*

En nuestros ensayos, las muestras de las probetas más pequeñas fueron tomadas de una misma troza (Árbol IV). Esto incide directamente en el resultado promedio, pues las vigas del árbol IV muestran una resistencia promedio mayor a la del promedio general.

Para el análisis del CH debemos tener en cuenta trabajos anteriores, hechos específicamente para analizar esta influencia en elementos estructurales de madera, utilizando normas y equipos destinados a tales fines, y cuya conclusión es que por encima del punto de saturación de las fibras (PSF), el CH prácticamente no incide en las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de madera. Lo que faltaría precisar en nuestro caso es cuales ese CH que le corresponde el PSF; en general se estima que oscila entre 25% a 35% de CH, y se generaliza promediar en un 30%, el cual seguramente varía (Aunque muy poco) con cada especie maderera.

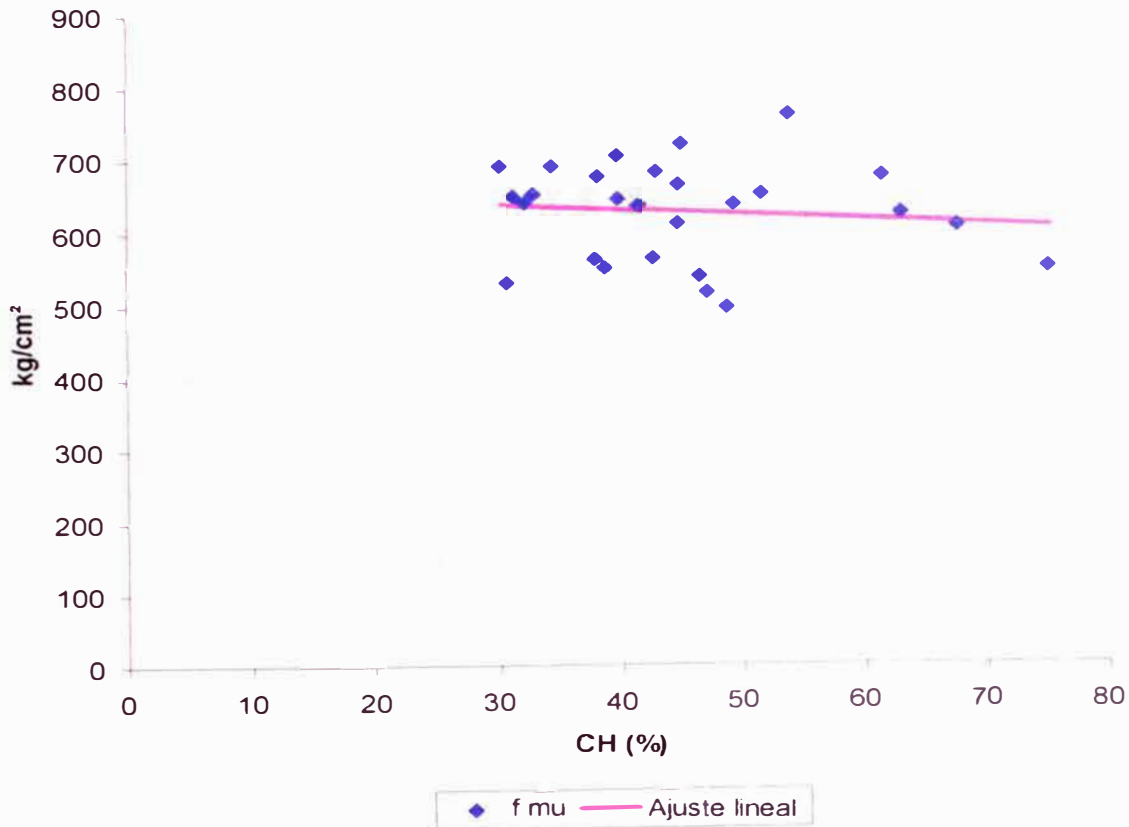
Por nuestra parte, hemos agrupado los datos de laboratorio tratando de aislar los factores ajenos a la humedad, como densidad básica, edad del árbol, altura en el árbol, etc. a fin de que sea el CH quien mayor influencia ejerza sobre las resistencias y rigideces obtenidas. Así, elaboramos los cuadros 5.x y 5.x tratando de encontrar una relación entre el CH y el comportamiento mecánico de las vigas de Eucalipto Saligna.

Según restringimos los factores ajenos al CH disminuye el número de muestras, lo que hace de estos resultados poco fiables estadísticamente hablando. Aún así, podemos proyectar algunas conclusiones:

- i) Según el gráfico 5.6 la variación de la resistencia a la flexión  $f_{m,u}$  para  $CH > 30\%$  es mínima (La curva ajustada es casi horizontal).
- ii) Según el gráfico 5.7 la variación de  $f_{m,u}$  para  $CH < 30\%$  es un poco más notoria, pudiendo estimarse en casi 1% de variación de  $f_{m,u}$  por cada punto % de Contenido de Humedad.

Esta última proyección nos permite estimar que el valor de la resistencia en probetas:  $MOR_{prob\ 75} = 860.5\text{ kg/cm}^2$  al 28% de CH, y para un CH del 15% , se incrementaría aproximadamente en un 12% , por lo que podría alcanzar una resistencia de  $963.8\text{ kg/cm}^2$  , que es un valor muy cercano al alcanzado en Centro América para el Eucalipto Saligna (Como veremos en el capítulo VI).

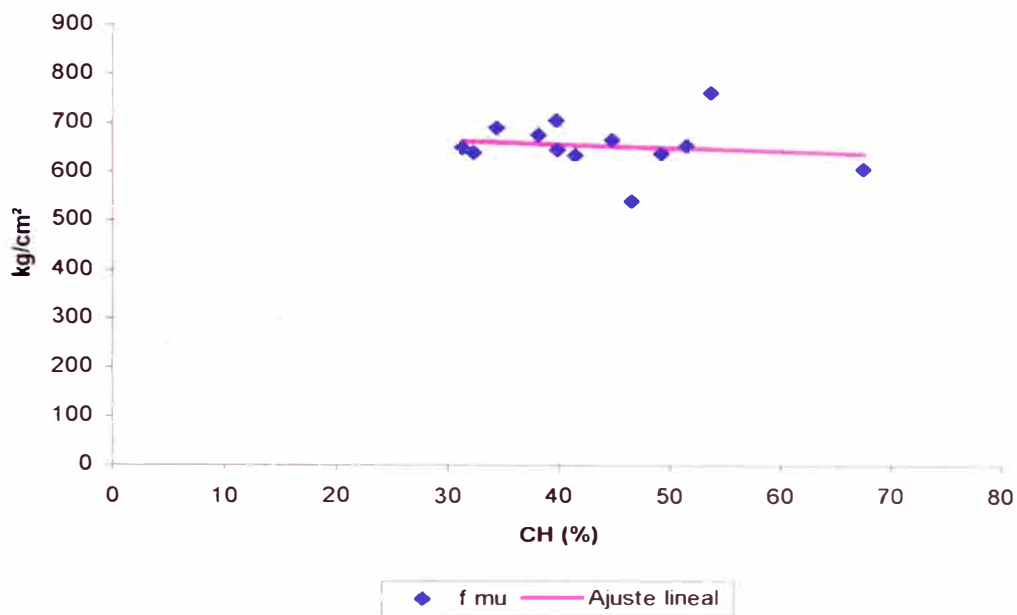
**Gráfico 5.6: RESISTENCIA A LA FLEXION vs. CH EN VIGAS DE EUCALIPTO SALIGNA (Arboles de 15-18 años y  $0.55 < DB < 0.70\text{ g/cm}^3$ )**



El gráfico 5.4 se elaboró en base a un total de 27 vigas en estado verde ( $CH > 30\%$ ). Se origina una recta con ajuste lineal según la cual la variación de la resistencia es del 0.1% ( $< 1\%$ ) por cada punto % de CH.

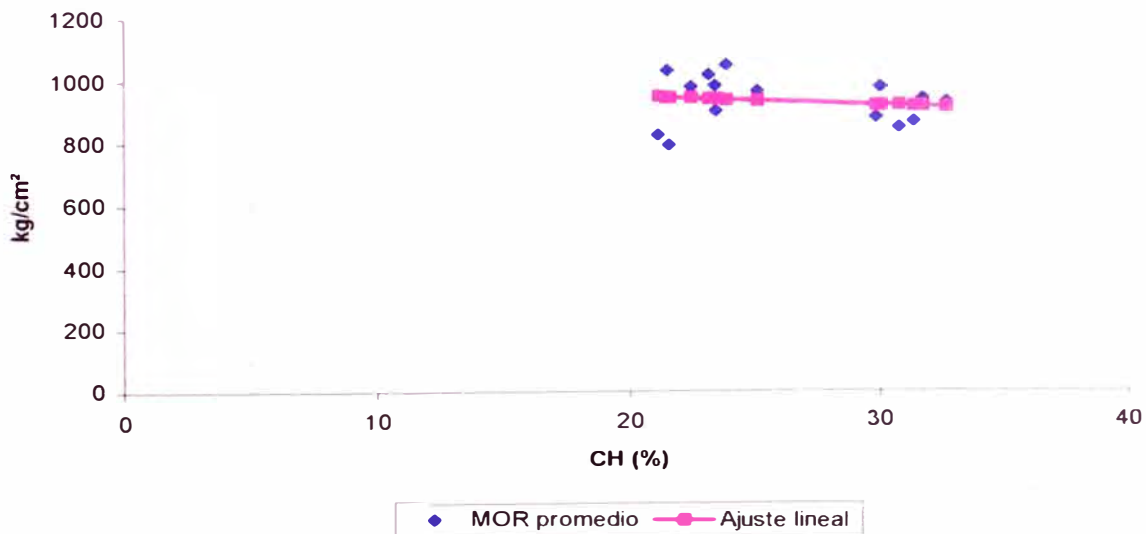
El gráfico 5.5 solo contó con una base de 13 vigas en estado verde ( $CH > 30\%$ ). Se origina una recta con ajuste lineal según la cual la variación de la resistencia es del 0.15% por cada punto % de CH.

**Gráfico 5.7: RESISTENCIA A LA FLEXION vs. CH EN VIGAS DE E. SALIGNA (Arboles de 18 años y  $0.56 < DB < 0.66 \text{ g/cm}^3$ )**



Tomando los datos del cuadro 5.14 del ensayo de probetas pequeñas (2.5 x 2.5 x 35 cm de luz), se obtiene el siguiente gráfico:

**Gráfico 5.8: RESISTENCIA A LA FLEXION vs. CH EN PROBETAS DE E. SALIGNA**





### C) Resistencia en vigas vs. Resistencia en probetas.

Analizando de manera similar al proceso anterior, se tiene:

$$CH_{\text{vigas } 300} = 45.82\%$$

$$CH_{\text{probetas } 75} = 28.35\%$$

$$\rightarrow \Delta CH = 17.47\%$$

En este caso, la diferencia de valores en promedio y del 5to. Percentil que resultan de ambos tipos de muestras, se debe a tres factores: <sup>1)</sup> el tamaño, <sup>2)</sup> la calidad (defectos no visuales) y en menor grado <sup>3)</sup> su C.H.

Sin embargo, para el caso que el peralte  $h = 14 \text{ cm}$ , los dos primeros factores se pueden resumir en uno solo, debido a la conclusión del PADT-REFORT:

$$FC = 0.80$$

*FC: factor calidad (Que en este caso incluye el factor tamaño).*

Analizando los promedios, tenemos que:

$$f_{\text{mu vigas } 300} = 639.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$MOR_{\text{prob } 75} = 860.49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rightarrow \frac{MOR_{\text{vigas } 300}}{MOR_{\text{prob } 75}} = 0.743$$

Lo que representa el 74% del MOR de las probetas. Pero decir que la influencia del C.H. en la variación de la resistencia podría ser del orden del 6% sería casi un error, pues según estudios como los de Koleman, e inclusive lo enunciado en el punto anterior, la incidencia del CH por encima del PSF debe ser mínima.

Lo que si podría suceder es que este punto PSF oscile entre el 25% al 35% de CH para el caso del Eucalipto Saligna (Lo que parece indicar el gráfico 5.8). Esto, sumado a la influencia de la Calidad y el Tamaño, explicaría esa relación del 74% entre las resistencias obtenidas para vigas y probetas.

### V.3.2 RELACIÓN ENTRE ELP, $f_{mu}$ Y EL ESFUERZO ADMISIBLE.

La relación entre el comportamiento elástico resistente de la madera Eucalipto Saligna y su resistencia última promedio es de:

$$\frac{ELP_{vigas300}}{f_{mu\ vigas300}} = 0.704$$

en vigas de Luz = 300 cm , es decir, el 70% de la resistencia última, y de:

$$\frac{ELP_{prob75}}{MOR_{prob75}} = 0.657$$

en probetas de Luz = 75 cm , es decir, el 66% de la resistencia última promedio. Ambos valores son bastante próximos entre si y muestran un alto porcentaje de comportamiento elástico.

**Esfuerzo Admisible( $E_{adm}$ ).**- Es el máximo valor permitido para diseño. Según norma, se obtiene de afectar al esfuerzo básico por los siguientes coeficientes:

FC: Factor de reducción por calidad (Defectos en escala natural).

Para el caso de flexión en maderas: FC= 0.80

FT: Factor de reducción por tamaño (Relación de Bohannon).

Para el caso de flexión en maderas: FT= 0.90

FS: Factor de servicio y seguridad (Reduciendo a debajo del límite de proporcionalidad). Para el caso de flexión en maderas: FS= 2.00

FDC: Factor de duración de carga (Aunque se considera mínimo).

Para el caso de flexión en maderas: FDC= 1.15

De modo que se tiene la expresión:

$$E_{adm} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times f_b \quad \text{Ec. 5.2}$$

Donde:

$f_b$  = Esfuerzo básico. Valor del esfuerzo mínimo, correspondiente al límite de exclusión del 5% (Valor  $0.05N = 513.98 \text{ kg/cm}^2$ ).

Según nuestro análisis, con la asesoría respectiva, el factor de reducción por calidad FC no es necesario aplicarlo, pues los ensayos se hicieron para vigas a escala natural ó en condición de servicio. Asimismo, el factor de reducción por tamaño adecuados para el caso de peraltes de 14 cm a 29 cm (Debido a que 29 cm es un peralte comercial), según la relación de Bohannon (Ec. 5.1), es:

$$FT = 0.92$$

Pero para trabajar con factores más claros mantendremos el 0.90 que indica el reglamento. Entonces, la expresión 5.2 queda como:

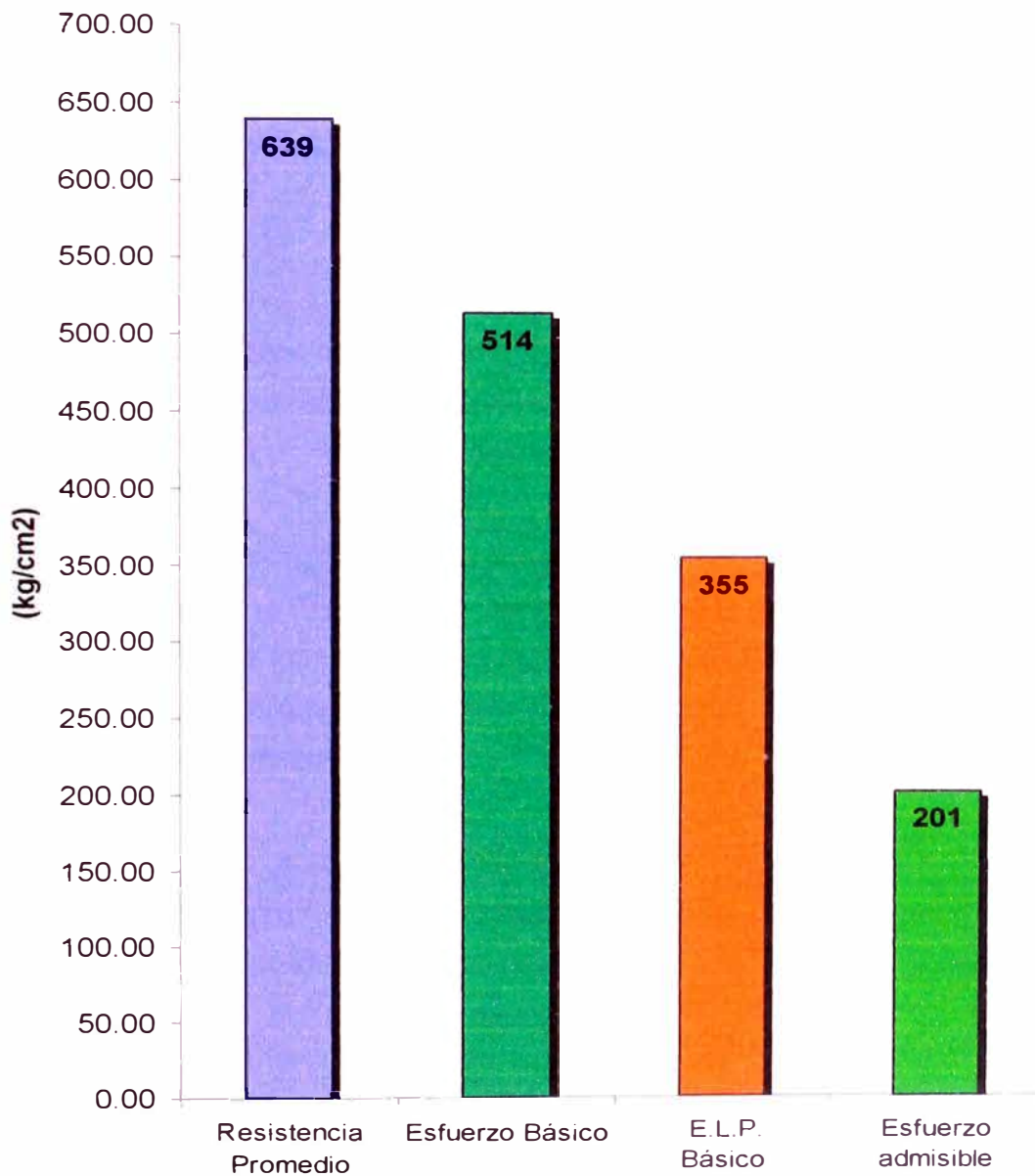
$$E_{adm} = \frac{0.90}{2.0 \times 1.15} \times 513.98$$

Reemplazando:

$$E_{adm} = 201.12 \text{ kg/cm}^2$$

Los valores de Resistencia a la Flexión promedio y básico ( $f_{m,u \text{ prom}}$ ,  $f_b$ ) Esfuerzo en el límite proporcional básico y el esfuerzo admisible ( $E_{adm}$ ) hallados para las vigas a escala natural de E. Saligna se muestran en el siguiente gráfico.

**Gráfico 5.9: COMPARACION DE ESFUERZOS EN FLEXION PARA VIGAS DE EUCALIPTO SALIGNA**



### V.3.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS EN VIGAS CON RELACIÓN A LA EDAD DEL ÁRBOL.

Durante todo el proceso se tuvo cuidado de identificar las vigas y su procedencia. Ello nos permitió diferenciar las propiedades físicas y mecánicas según la edad o la altura a la que pertenecía la troza respectiva. Como indicamos en capítulos anteriores, ensayamos 03 árboles de 18 años y 02 de 15 años de edad, obteniendo 29 vigas de 18 años y 11 vigas de 15 años.

Con respecto a la **densidad básica**, si separamos de la tabla 4.4 y agrupamos los valores correspondientes a los árboles I- IV-V (18 años) y II- III (15 años), se obtienen los siguientes promedios:

$$DB_{18} = 0.605 \text{ g/cm}^3$$

$$DB_{15} = 0.620 \text{ g/cm}^3$$

Lo que significa que entre ambos valores existe una diferencia del 2.62% (< 3%), y con respecto al promedio general ( $DB = 0.609 \text{ g/cm}^3$ ) la diferencia es menor incluso al 1% , por tanto se puede concluir que no existe diferencia técnica, o que existe pero es tan pequeña que se encuentra en el rango del margen de error.

Con respecto a la **Resistencia a la Flexión** ( $f_{mu}$ ), separando de la tabla 5.4 y agrupando los valores correspondientes a los árboles de 18 y de 15 años, se obtienen los siguientes promedios:

$$f_{mu18} = 654 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{mu15} = 601 \text{ kg/cm}^2$$

Lo que significa que entre ambos valores existe una diferencia del orden del 8.5% , y con respecto al promedio general ( $f_{mu \text{ prom}} = 639 \text{ kg/cm}^2$ ), la diferencia mayor corresponde a los árboles de 15 años y es de 6% , por lo que se puede concluir que existe poca diferencia entre ambos valores. Sin embargo la diferencia, aunque poca, es notoria, y esto hace suponer que cuando el árbol alcance la madurez (~25 años) su resistencia a la flexión será definitivamente mayor, superando posiblemente los 700 kg/cm<sup>2</sup> en promedio.

Lo más importante en este caso, es que si tomamos en cuenta solo los valores de los árboles de 15 años (Aún cuando son pocas muestras), vemos que el valor mínimo es de:

$$f_{mu15 \text{ MINIMO}} = 501 \text{ kg/cm}^2$$

Esto nos sugiere que el esfuerzo admisible sería:

$$E_{adm \ 15} = 196 \text{ kg/cm}^2$$

O sea, baja solo en 2.5% y la madera seguiría perteneciendo al mismo grupo estructural.

Con respecto al **Módulo de Elasticidad Aparente** (Considerando solo el MOE<sub>a</sub> pues es en base a este valor que se hace la clasificación según norma), separando de la tabla 5.7 y agrupando los valores correspondientes a los árboles de 18 y de 15 años, se obtienen los siguientes promedios:

$$MOE_{18} = 136 \ 225 \text{ kg/cm}^2$$

$$MOE_{15} = 133 \ 265 \text{ kg/cm}^2$$

Lo que significa que entre ambos valores existe una diferencia del orden del 2.2% (< 3%), y con respecto al promedio general (MOE= 135411 kg/cm<sup>2</sup>) la diferencia es de solo el 1.6% , por lo que se puede concluir al igual que en el caso de la densidad, que no existe diferencia técnica, o que existe pero es tan pequeña que se encuentra en el rango del margen de error.

Los valores y promedios diferenciados por edades se presentan en los cuadros 5.15 y 5.16

TABLA N° 5.15

ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS A ESCALA NATURAL

DETERMINACION DEL  $f_{mu}$  y M.O.E. EN ARBOLES DE 18 AÑOS

TROZA	VIGA	B (cm)	H (cm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Fu (kg)	$f_{mu}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
I-1	01	4,00	13,85	127,88	820	641	132842
I-1	02	4,00	13,90	128,81	850	660	137278
I-1	03	4,05	14,05	133,25	895	672	142939
I-1	04	4,00	14,05	131,60	755	574	124374
I-1	05	4,00	14,10	132,54	755	570	120550
I-1	06	4,10	13,45	123,62	900	728	142552
I-1	07	3,95	13,45	119,09	765	642	137185
I-1	08	4,00	13,45	120,60	630	522	125060
I-1	09	4,00	14,05	131,60	860	653	138808
I-1	10	4,05	14,15	135,15	940	696	125826
I-1	11	4,05	14,15	135,15	880	651	125915
I-1	12	4,00	14,15	133,48	860	644	134631
I-1	13	3,95	13,45	119,09	650	546	116247
I-1	14	3,95	13,40	118,21	780	660	124459
IV-1	26	4,00	13,80	126,96	920	725	138919
IV-1	27	4,05	14,00	132,30	680	514	136111
IV-1	28	4,00	14,00	130,67	960	735	153127
IV-1	29	4,00	14,00	130,67	930	712	141222
IV-1	30	3,95	14,10	130,88	870	665	143707
IV-2	31	3,95	14,05	129,96	900	693	162308
IV-2	32	4,00	14,05	131,60	950	722	146890
IV-2	33	3,95	13,15	113,84	755	663	163222
V-1	34	4,00	13,75	126,04	970	770	142725
V-1	35	4,00	13,95	129,74	885	682	146463
V-1	36	4,00	13,90	128,81	790	613	137223
V-1	37	4,00	14,10	132,54	855	645	134036
V-1	38	4,05	13,95	131,36	905	689	135836
V-1	39	3,90	13,95	126,49	900	712	129953
V-1	40	4,00	13,00	112,67	630	559	110121

<b>PROMEDIO</b>	<b>654</b>	<b>136225</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>DES. ESTANDAR</b>	<b>66</b>	<b>12161</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>COEF. VARIACION</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	%
<b>ESFUERZO BASICO</b>	<b>514</b>	<b>110121</b>	kg/cm <sup>2</sup>

\*Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"

TABLA N° 5.16

ESPECIE: EUCALIPTO SALIGNA

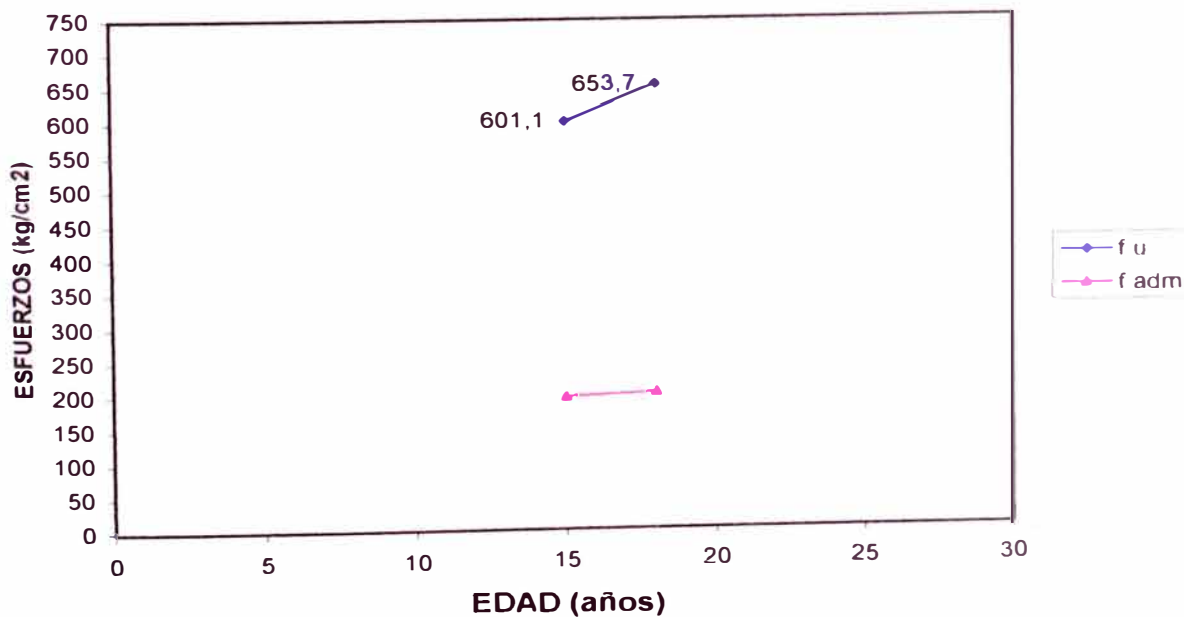
ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS A ESCALA NATURAL

DETERMINACION DEL  $f_{mu}$  y M.O.E. EN ARBOLES DE 15 AÑOS

TROZA	VIGA	B (cm)	H (cm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Fu (kg)	$f_{mu}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
II-1	15	4,05	13,90	130,42	805	617	157969
II-1	16	4,05	14,10	134,20	920	686	152023
II-1	17	4,00	14,00	130,67	655	501	119521
II-1	18	4,05	13,90	130,42	740	567	135977
III-1	19	4,00	14,05	131,60	830	631	110918
III-1	20	4,00	13,95	129,74	720	555	145409
III-1	21	4,00	14,10	132,54	860	649	145914
III-1	22	3,95	14,00	129,03	690	535	118267
III-1	23	4,00	14,05	131,60	865	657	128213
III-1	24	4,00	14,00	130,67	910	696	131710
III-1	25	4,00	13,40	119,71	620	518	119997

PROMEDIO	601	133265	kg/cm <sup>2</sup>
DESV. ESTANDAR	69	15473	kg/cm <sup>2</sup>
COEF. VARIACION	11	12	%
ESFUERZO BASICO	501	110918	kg/cm <sup>2</sup>

Gráfico 5.10: VARIACION DE LOS ESFUERZOS ULTIMOS PROMEDIOS y ESFUERZOS ADMISIBLES



"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"



## V.4 AGRUPAMIENTO DE LA MADERA EUCALIPTO SALIGNA SEGÚN NORMA.

### V.4.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMA E-101 .

Seguiremos el procedimiento indicado en la norma E. 101:

*Se identifica la especie en forma botánica y se efectúa la descripción anatómica de las muestras de la madera.* Este proceso se hizo en campo como se detalla en el capítulo III.

*Se determina la densidad básica promedio (DB) de la especie, y se le compara con los valores establecidos en el cuadro C5.2.1 de la norma E-101, obteniéndose así un agrupamiento provisional.* El valor de la Densidad Básica obtenido es de  $0.61 \text{ g/cm}^3$  (Capítulo 5.2), con lo que la madera del Eucalipto Saligna clasifica en el Grupo Estructural B, provisionalmente.

*Se determinan los valores de la rigidez (MOE) y de la resistencia (Esfuerzo Admisible por flexión), a partir de las vigas a escala natural.* Los valores del MOE se muestran en la tabla 5.7 de este capítulo ( $\text{MOE}_a$  promedio =  $135411 \text{ kg/cm}^2$  y  $\text{MOE}_a$  mínimo =  $110918 \text{ kg/cm}^2$ ), y el valor del esfuerzo admisible se calculó en el punto 5.3.2 también del presente capítulo ( $E_{\text{adm}} = 201.12 \text{ kg/cm}^2$ ).

*Se comparan los módulos de elasticidad y los esfuerzos admisibles en flexión obtenidos con los valores establecidos en los cuadros C5.2.2 y C5.2.3 de la norma E-101.* En nuestro caso, los valores de la rigidez ( $\text{MOE}_a$  que son los indicados para la clasificación) ubican a la madera de Eucalipto Saligna en el grupo A, pero su resistencia a la flexión la clasifica en el grupo B.

*Si los valores obtenidos son superiores a los valores del grupo provisional obtenido por la densidad, se clasifica a la especie en dicho grupo, si los valores alcanzan a los de un grupo más resistente se la clasifica a la especie en el grupo superior. En caso contrario, si los valores no alcanzan a los del grupo provisional se la clasifica en el grupo inferior.* Esta explicación nos permite concluir que la madera de Eucalipto Saligna clasifica en definitiva en el grupo B estructural.

- Agrupada la especie, podrán adoptarse para el diseño todos los esfuerzos admisibles indicados en el cuadro C5.2.3 de la norma E-101. Esto lo vemos a continuación.

#### V.4.2 PROPIEDADES QUE ASUME EL EUCALIPTO SALIGNA SEGÚN NORMA.

Según la norma E-101 la especie maderera Eucalipto Saligna, por pertenecer al Grupa B Estructural, asume los siguientes esfuerzos admisibles:

**Tabla 5.17: Valores para esfuerzos que asume el E. Saligna**

ESFUERZO ADMISIBLE	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
Flexión (fm)	14.7 (150)
Tracción Paralela (ft)	10.3 (105)
Compresión Paralela (fc//)	10.8 (110)
Compresión Perpendicular (fc ⊥ )	2.7 (28)
Corte Paralelo (fv)	1.2 (12)

Estos valores, sin embargo, pueden no ser determinantes al momento del diseño, pues el proyectista podría asumir los valores reales obtenidos en este mismo trabajo y otros que complementen los valores no ensayados para esta especie, a fin de no perjudicar ni reducir innecesariamente, por ejemplo, la resistencia a la flexión del Eucalipto Saligna que, perteneciendo al Grupo B estructural, tiene una alta resistencia a la flexión ( $f_m = 19.7 \text{ MPa} <> 201 \text{ kg/cm}^2$ ).

Pero también debemos verificar estas propiedades asumidas a fin de no subestimar algunos esfuerzos, aún cuando los valores del cuadro 5.17 son conservadores.

### V.4.3 VERIFICACION DE LOS EFECTOS DE CORTE

En el caso del Esfuerzo de Corte en una viga de sección rectangular, el máximo resulta de la expresión:

$$f_v = \frac{3}{2} \frac{V}{b.h} \quad \text{Ec. 5.3}$$

Donde:

- $f_v$  : esfuerzo de corte máximo.
- $V$  : fuerza cortante en la sección.
- $b$  : base ó ancho de la viga.
- $h$  : altura de la viga.

En nuestro caso,  $V$  sería la máxima fuerza aplicada dividida entre los dos apoyos ( $F_u/2$ ). En los ensayos que realizamos, las vigas no mostraron fallas debido a esfuerzo de corte (Las fallas predominantes fueron por compresión y tracción, lo que es coherente debido a la relación luz/peralte de cada viga), por lo que se entiende que la carga  $F_u$  que le corresponde a la expresión 5.3 debe ser mayor a la que se registró durante los ensayos de flexión.

Por lo tanto, el esfuerzo de corte mínimo (Valor 0.05N) para el Eucalipto Saligna debe ser mayor a:

$$f_{v \text{ mínimo}} > f_{v \text{ max. actuante}} = 11.1 \text{ kg/cm}^2$$

que es lo que podemos asegurar de nuestros ensayos, y que muy probablemente cumpla con el valor de 12 kg/cm<sup>2</sup> que se tiene de la Tabla 5.17

Además podemos calcular el valor del Módulo de Corte para el E. Saligna, a partir de los valores del MOE aparente y real ya obtenidos, según la expresión:

$$G = \frac{1.2 \cdot x h^2}{l^2 \left( \frac{1}{MOE_a} - \frac{1}{MOE_r} \right)} \quad \text{Ec. 5.4}$$

Donde:

- G : Módulo de corte.
- h : altura de la viga.
- l : luz empleada para la obtención del MOE<sub>a</sub>
- MOE<sub>a</sub> : Módulo de Elasticidad aparente.
- MOE<sub>r</sub> : Módulo de Elasticidad real.

reemplazando:

$$G = \frac{1.2 \cdot 140^2}{3000^2 (0.000002713)}$$

$$\rightarrow G = 963 \text{ MPa}$$

$$\text{ó } G = 9824 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{MOE_r}{G} = 14.3$$

Valor que podemos comparar con los asumidos por el PADT-REFORT<sup>4</sup> y que nos indica un alto Módulo de corte G para el E. Saligna, cuyos valores para la relación  $\frac{MOE}{G}$  se estiman entre 15 a 25.

Este valor del Módulo de Corte G, sin embargo, debería tomarse con las consideraciones del caso:

- En el 50% de las vigas, el MOE aparente es muy similar (A veces superior en el cálculo obtenido) al MOE real, lo que indicaría que el efecto de corte es mínimo ó insignificante, de modo que es consistente un valor alto para G.

<sup>4</sup> "Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"

- Pero en las vigas restantes, existe variación entre los valores del Módulo de Corte "G", fluctuando entre 2000 a 18000 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 6234 kg/cm<sup>2</sup>.

Por ello, conservadoramente, quizá deba tomarse por ahora este último valor para G, hasta que se realicen los ensayos correspondientes para determinar un valor para el Módulo de Corte del Eucalipto Saligna con mayor precisión.

$$\rightarrow G = 611 \text{ MPa}$$

$$\text{ó } G = 6234 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{MOE_r}{G} = 22.5$$

Este resultado del análisis para el módulo de corte no se opone a los otros valores de resistencia y rigidez obtenidos para el E. Saligna, y está comprendido dentro de los márgenes estimados por el PADT-REFORT para maderas estructurales calificadas.

## CAPITULO VI

# COMPARACIÓN DE RESULTADOS

## VI.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE OTROS TIPOS DE EUCALIPTO EN EL PERÚ.

### VI.1.1 CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ EN FLEXIÓN VS. DENSIDAD BÁSICA PARA VIGAS DE E. SALIGNA.

#### A) Ecuaciones lineales para maderas del Perú y del Grupo Andino

De las publicaciones del PADT-REFORT (Año 1983)<sup>25</sup>, se puede obtener correlaciones entre la Resistencia (Denotada por MOR) y el Módulo de Elasticidad (MOE) en flexión vs. la Densidad Básica, para maderas del Grupo Andino y, otras correlaciones más específicas para maderas en el Perú.

Así tenemos que las ecuaciones lineales cuyas gráficas ajustadas describen estas correlaciones son:

- i) MOR vs. DB (Flexión Estática) para maderas del Grupo Andino:

$$MOR_{LIN} = -109.23 + 1482.12(DB)$$

- ii) MOE vs. DB (Flexión Estática) para maderas del Grupo Andino:

$$MOE_{LIN} = 8.01 + 177.50(DB)$$

- iii) MOR vs. DB (Flexión Estática) para maderas del Perú:

$$MOR_{LIN} = -222.64 + 1651.71(DB)$$

- iv) MOE vs. DB (Flexión Estática) para maderas del Perú:

$$MOE_{LIN} = 0.26 + 203.13(DB)$$

Es importante mencionar que estas ecuaciones resultan de ensayos hechos sobre **probetas de 5cm x 5cm x 75cm**, y que incluyen 20 especies madereras del Perú y 104 especies en total para el Grupo Andino.

### **B) Ecuaciones lineales para maderas de E. Saligna en el Perú**

Sin embargo, las pendientes para las curvas respectivas de las 04 ecuaciones anteriores pueden tener cierta variación significativa, más aún si se quiere analizar una madera que no formó parte del trabajo de aquel entonces.

Tal es el caso del E. Saligna, para el cual elaboramos sus propias expresiones, elaboradas a partir de los ensayos sobre **vigas de 4cm x 14cm x 300cm**:

v)  $f_{mu}$  vs. DB (Flexión Estática) para maderas de E. Saligna (Perú):

$$f_{mu \text{ LIN}} = -7.3 + 1076.00(DB)$$

Con un coeficiente de correlación:  $CC = 0.92$

vi) MOE vs. DB (Flexión Estática) para maderas del Perú:

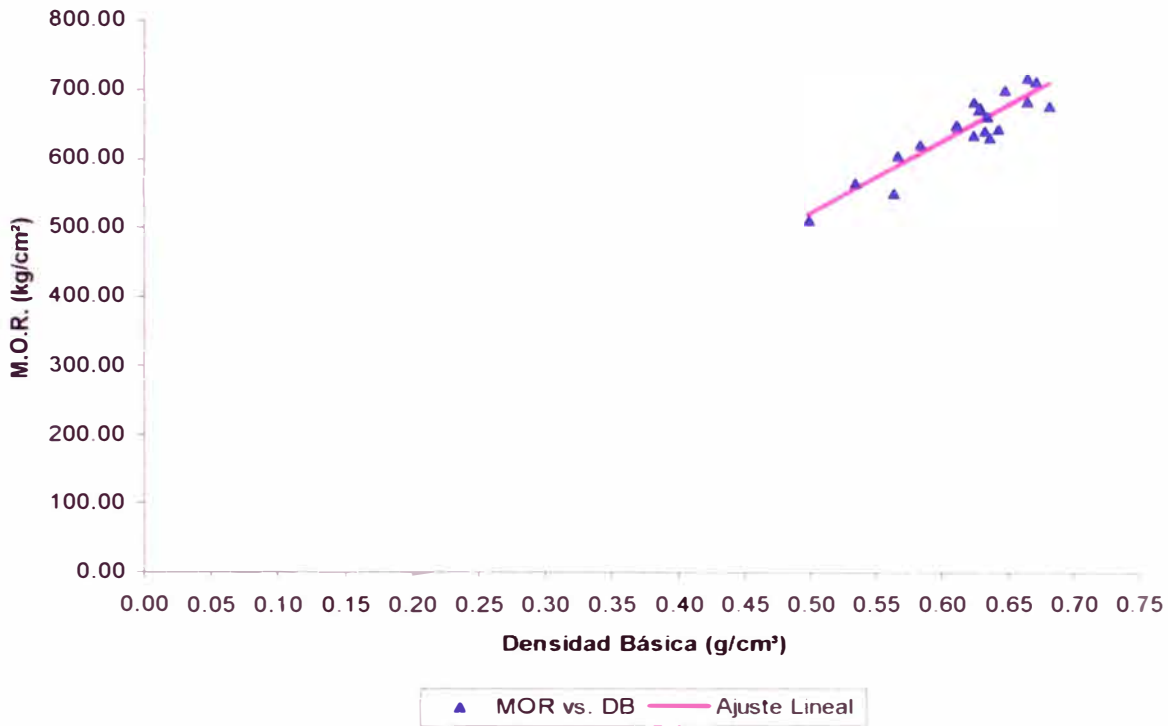
$$MOE_{\text{LIN}} = 72.0 + 101.98(DB)$$

Con un coeficiente de correlación:  $CC = 0.75$

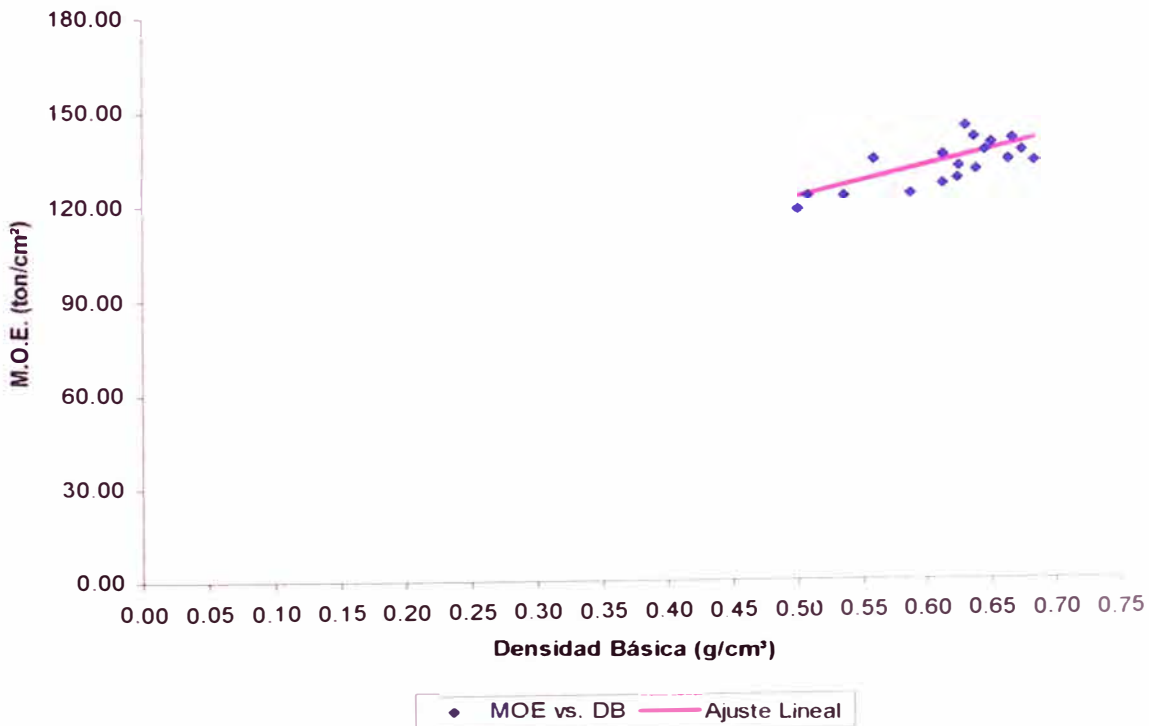
En nuestro caso, las unidades respectivas son:

DB : g / cm<sup>3</sup>  
MOR: kg / cm<sup>2</sup>  
MOE: ton/ cm<sup>2</sup>

**Gráfico 6.1: MOR vs. DB en árboles de Eucalipto Saligna (CH > 30%)**



**Gráfico 6.2: MOE vs. DB en árboles de Eucalipto Saligna (CH > 30%)**





### VI.1.2 COMPARACIÓN ENTRE EL E. SALIGNA Y EL E. GLOBULUS.

El E. Globulus aún no se ha ensayado en el Perú según la norma E-101 (Vigas a escala natural), pero sí se tienen algunos datos de probetas ensayadas con fines a determinar sus propiedades tecnológicas. Por tanto, consideramos comparar los resultados de las probetas de esos ensayos con los nuestros referidos a las dimensiones respectivas ó similares.

**Cuadro 6.1: Comparación de probetas de longitud menor a 41 cm**

Especie	E. Saligna	E. Globulus
Dimensiones de Las Probetas	2.5cm x 2.5cm x 41.0cm	2.0cm x 2.0cm x 34.0cm
Densidad básica	0.61 g/cm <sup>3</sup>	N.D.
Densidad en estado verde (>30% de CH)	0.96 g/cm <sup>3</sup>	0.70 – 0.80 g/cm <sup>3</sup>
C.H.	26.0 %	13.5 %
ELP promedio	639.88 kg/cm <sup>2</sup>	N.D.
MOR promedio	941.67 kg/cm <sup>2</sup>	~ 1017 kg/cm <sup>2</sup>
MOE promedio	110 519 kg/cm <sup>2</sup>	N.D.

N.D: No determinado

Fuente: Martínez (1973), Tesis de grado<sup>7</sup>.

**Cuadro 6.2: Comparación de vigas a escala natural**

Especie	E. Saligna	E. Globulus
Dimensiones de Las vigas	4cm x 14cm x 300cm	Rollizas ( $\phi = 15\text{cm}$ ) Luz = 2.55 m
Densidad básica	0.61 g/cm <sup>3</sup>	0.66 g/cm <sup>3</sup>
Densidad en estado verde (>30% de CH)	0.96 g/cm <sup>3</sup>	N.D.
C.H.	45.8 %	69.0 %
ELP promedio	450.41 kg/cm <sup>2</sup>	332.50 kg/cm <sup>2</sup>
MOR promedio	639.21 kg/cm <sup>2</sup>	789.50 kg/cm <sup>2</sup>
MOE promedio	135 411 kg/cm <sup>2</sup>	131 539 kg/cm <sup>2</sup>

N.D: No determinado

Fuente: Raymundo (1991), Tesis de grado<sup>8</sup>.

**Cuadro 6.3: Comparación de probetas de 75 cm de longitud.**

Especie	E. Saligna	E. Globulus <sup>3</sup>
Dimensiones de las Probetas	5.0cm x 5.0cm x 75.0cm	5.0cm x 5.0cm x 75.0cm
Densidad básica	0.61 g/cm <sup>3</sup>	0.57 g/cm <sup>3</sup>
Densidad en estado seco al horno	0.74 g/cm <sup>3</sup>	0.74 g/cm <sup>3</sup>
ELP promedio	28.4 %	~ 30 %
MOR promedio	565.22 kg/cm <sup>2</sup>	384.00 kg/cm <sup>2</sup>
MOE promedio	860.49 kg/cm <sup>2</sup>	678.00 kg/cm <sup>2</sup>
	121 636 kg/cm <sup>2</sup>	122 200 kg/cm <sup>2</sup>

N.D: No determinado

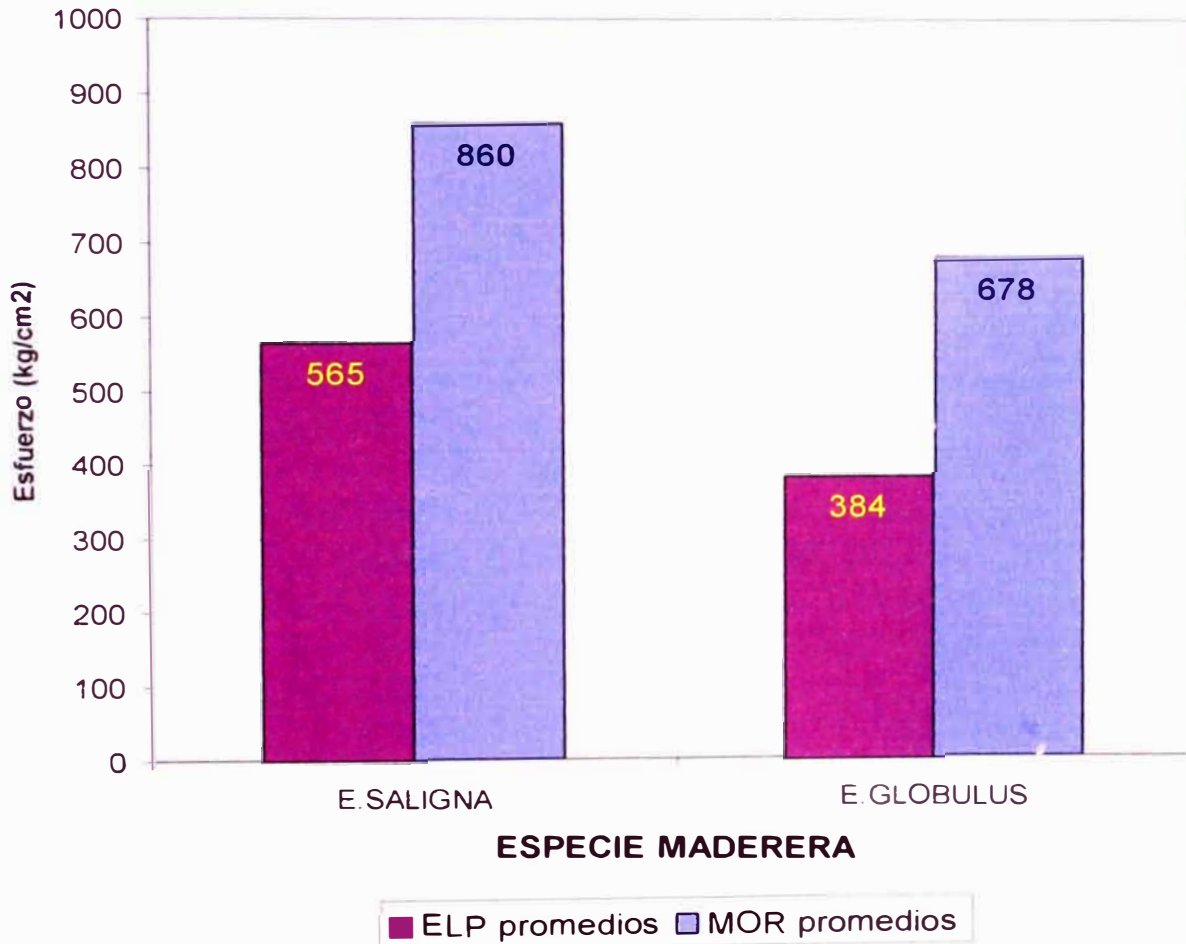
Fuente: Aróstegui (1974)<sup>19</sup>

De todos estos trabajos realizados para el E. Globulus, el que más confiabilidad ofrece para una comparación, debido a sus condiciones de ensayo y dimensiones, es el de Aróstegui. En el caso de Raymundo, el valor de la densidad básica (0.66 g/cm<sup>3</sup>) explica los mayores valores de la resistencia y rigidez, pero también puede indicar que no se trata del E. Globulus, sino posiblemente de otra especie de eucalipto.

Con los valores de Aróstegui, entonces, se puede elaborar el siguiente gráfico comparativo (Gráfico 6.3). Estos ensayos se hicieron en ambos casos sobre probetas con la misma sección de área transversal (5 cm x 5 cm) y la misma luz (70 cm), y en condiciones similares de contenido de humedad.

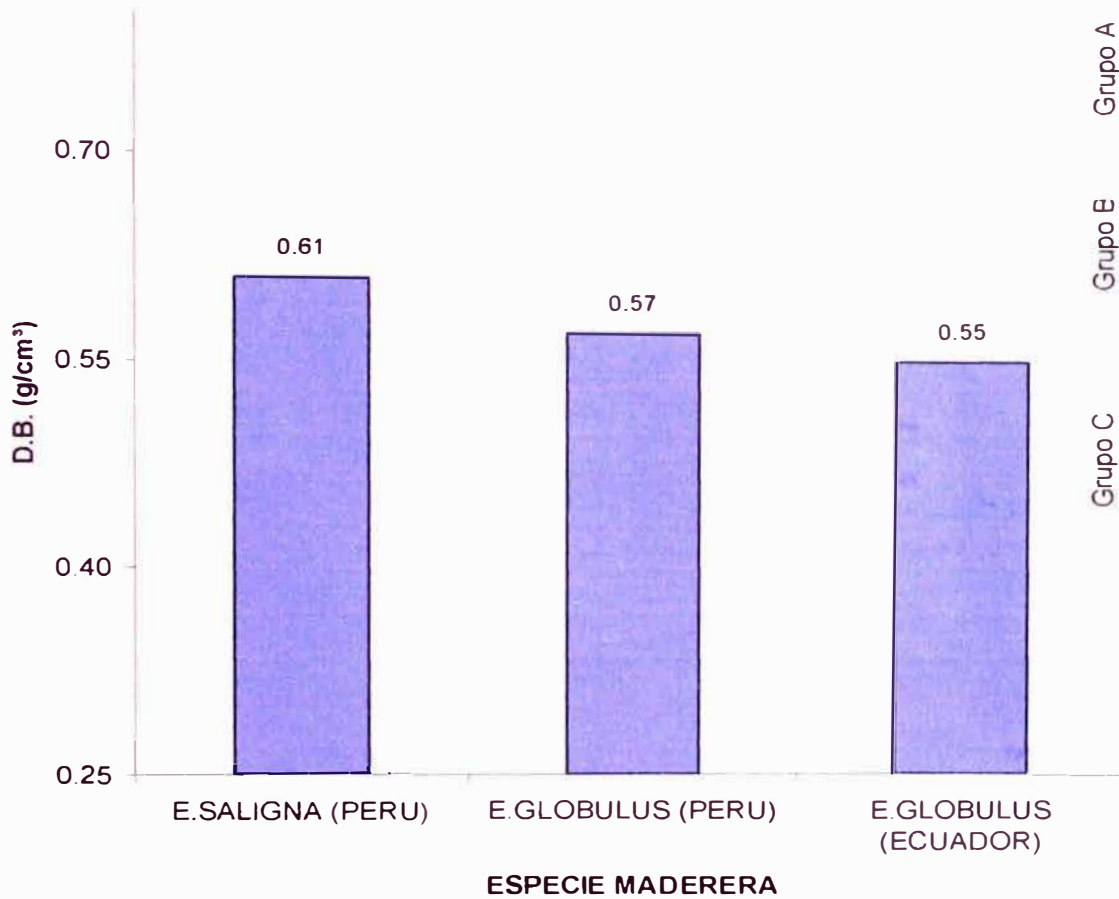
*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

**Gráfico 6.3: COMPARACION DE ELP y MOR PROMEDIOS EN PROBETAS DE EUCALIPTOS EN EL PERU**



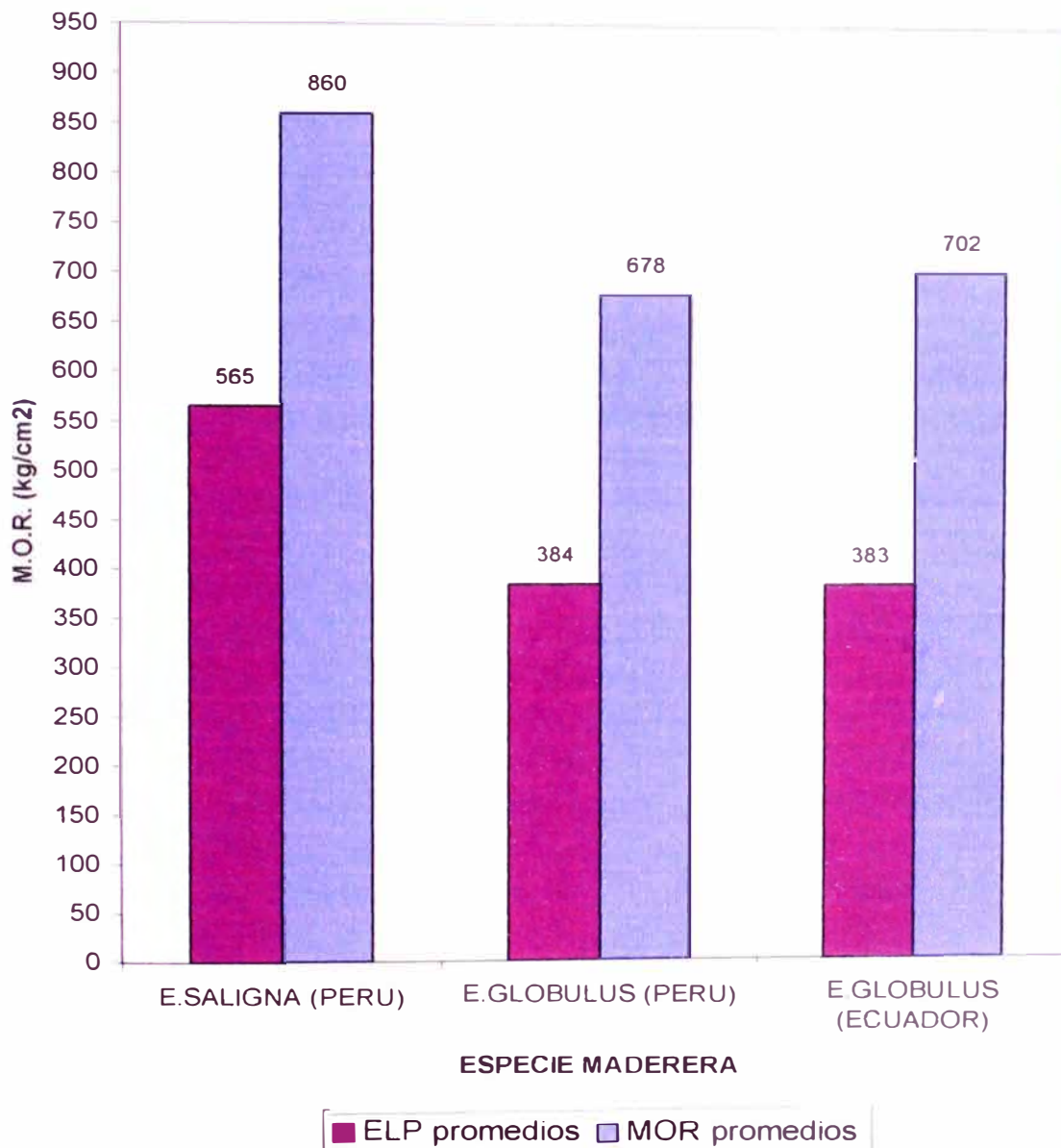
Se tiene también la información de los ensayos hechos por el PADT-REFORT para la JUNAC, con valores para el Eucalipto Globulus en Ecuador<sup>25</sup>. Los valores fueron hallados en condiciones de estado verde y seco al horno, en probetas de 5cm x 5cm x 70cm de luz. Los valores que mostraremos solo corresponden al estado verde a fin de que la comparación sea con las condiciones más similares posibles. Estos datos los añadiremos al gráfico anterior, para corroborar dicha información.

**Gráfico 6.4: COMPARACION DE DENSIDADES EN PROBETAS DE E. SALIGNA (PERU) y E. GLOBULUS (PERU y ECUADOR)**



Con estos datos podemos concluir que la densidad del E. Saligna es ligeramente mayor a la del E. Globulus, aunque solo en un 8% aproximadamente.

**Gráfico 6.5: COMPARACION DE ELP y MOR EN PROBETAS DE E. SALIGNA (PERU) y E. GLOBULUS (PERU y ECUADOR) EN ESTADO VERDE**



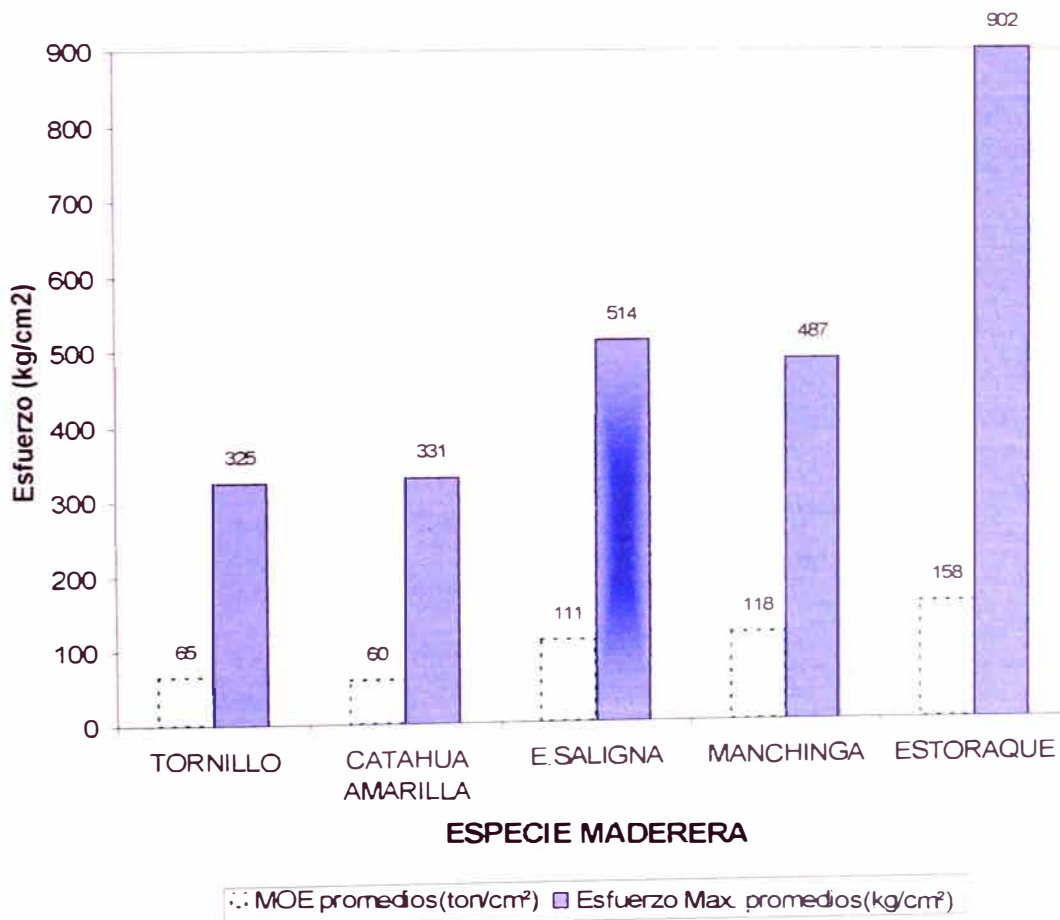
Nótese que los valores del E. Globulus en el Perú y en el Ecuador son muy similares. Con estos valores si se puede afirmar que el E. Saligna es más resistente a los esfuerzos de flexión que el E. Globulus, en un 20% aproximadamente.

### VI.1.3 COMPARACIÓN ENTRE EL E. SALIGNA Y OTRAS ESPECIES MADERERAS DE PROPIEDADES SIMILARES.

#### A) Comparación sobre vigas

No nos fue posible obtener los resultados de las vigas ensayadas que sirvieron de base para la clasificación de las 09 especies madereras que figuran en el cuadro 1.4 y en el Manual de diseño para maderas del Grupo Andino<sup>4</sup>, pero se pudo conseguir los datos para algunas de estas maderas ensayadas también por el PADT-REFORT<sup>5</sup> por esos mismos años y que aparecen en una de sus publicaciones.

**Gráfico 6.6: COMPARACION DE RESISTENCIA y RIGIDEZ MINIMOS (VIGAS A ESCALA NATURAL EN ESTADO VERDE)**

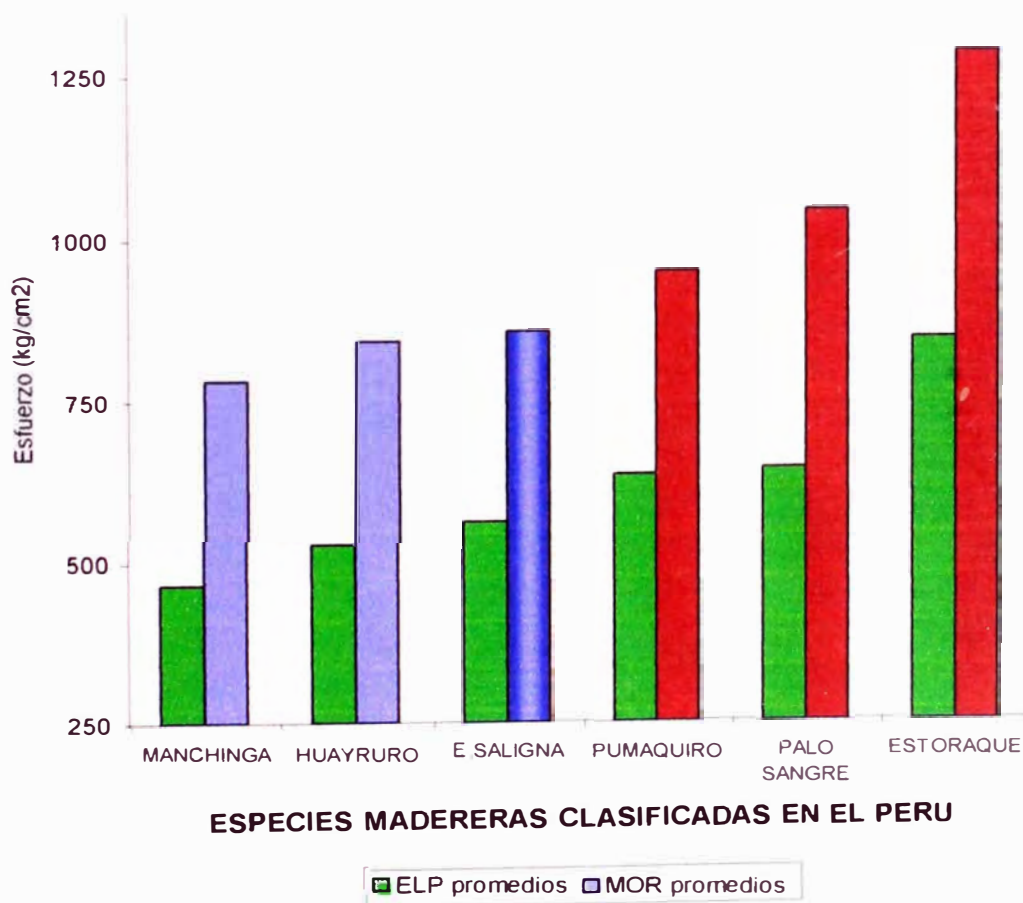


\*Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"

## B) Comparación sobre probetas

Sabiendo que el E. Saligna en el Perú pertenece al Grupo B (Estructural), se puede hacer la comparación de sus propiedades físicas y mecánicas con las de otras especies de los grupos A y B clasificadas (Y mostradas en el cuadro 1.4), en este caso con valores obtenidos de ensayos sobre probetas<sup>25</sup>.

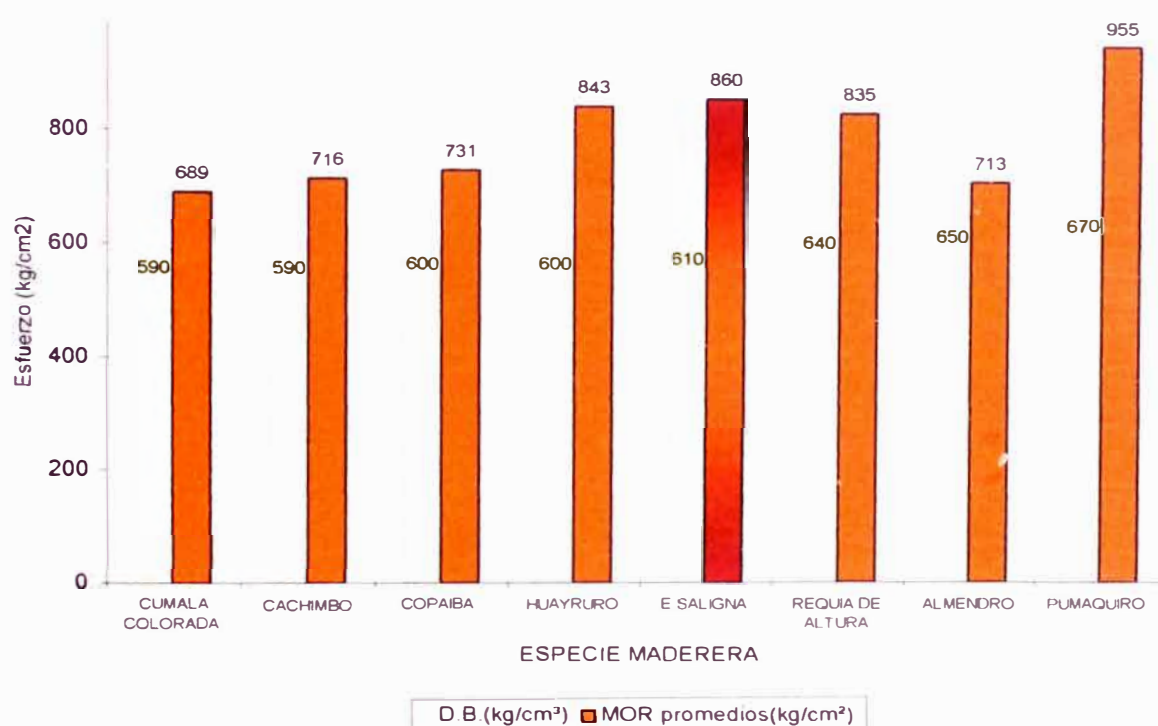
**Gráfico 6.7: COMPARACION DE ELP y MOR PROMEDIOS EN PROBETAS (5x5x75cm)**



Evidentemente, la resistencia del E. Saligna se aproxima más a las resistencias de las maderas del Grupo B, aún cuando sobrepasa los límites mínimos del Grupo A (Aprox. 755 kg/cm<sup>2</sup>).

También se puede comparar propiedades físicas y mecánicas del Eucalipto Saligna con las de algunas otras especies peruanas más comerciales <sup>19,22 y 25</sup>, de densidades similares, cuyos valores fueron obtenidos de ensayos sobre probetas de 5cm x 5cm x 75 cm.

**Gráfico 6.8: COMPARACION DE LA DENSIDAD BASICA y EL M.O.R. PROMEDIOS DEL E. SALIGNA Y OTRAS ESPECIES PERUANAS**



Las especies están ordenadas ascendentemente por su densidad básica, las cuales son similares ó muy próximas entre sí. Nótese que la tendencia de los valores del M.O.R. es también ascendente, con algunas excepciones.

La similitud de propiedades físicas y mecánicas del Eucalipto Saligna con el Huayruro es importante, a pesar de la inclusión de otras especies madereras. Tanto el E. Saligna como el Huayruro sobresalen visiblemente por su mayor resistencia a la flexión que otras especies de similares densidades.



## VI.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL E. SALIGNA EN OTROS PAÍSES.

Se tienen registros para el E. Saligna, algunos de los cuales en Latino América, y que por su cercanía y condiciones geográficas y de clima parecidas pueden ser una buena referencia.

### VI.2.1 EL EUCALIPTO SALIGNA EN SUDAMERICA.

Se elaboró la siguiente ficha técnica por el Instituto Nacional Forestal<sup>24</sup> de **Argentina**.

#### FICHA TECNICA: EUCALIPTO SALIGNA

##### **Características del rollizo ensayado:**

- Longitud útil : 8 a 10 m.
- Diámetro promedio : 0,40m.

##### **Características organolépticas:**

- Color albura: Blanco crema
- Color duramen: Castaño, rosado
- Olor: Ausente
- Veteado: Suave
- Brillo: Mediano
- Textura: Mediana
- Grano: Derecho a entrelazado

##### **Propiedades físicas (al 15% de contenido de humedad):**

- Peso Específico: 560 kg/m<sup>3</sup>
- Contracción total Radial : 5,8%
- Contracción total Tangencial : 10,4%
- Contracción total Volumétrica: 18,9%
- Relación contracción T/R: 1,79
- Estabilidad Dimensional: Mediana
- Porosidad: 62,7%
- Compacidad: 37,3%
- Penetrabilidad a impregnación líquida: Muy Poco
- Contenido de humedad verde: 125%

##### **Propiedades mecánicas:**

- Flexión - Modulo de rotura : 789 kg/cm<sup>2</sup>
- Flexión - Módulo de elasticidad : 121 100 kg/cm<sup>2</sup>
- Compresión - Modulo de rotura : 502 kg/cm<sup>2</sup>

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

- Compresión - Módulo de elasticidad : 135 500 kg/cm<sup>2</sup>

**Características técnicas generales:**

Blanda, liviana, contracciones altas, poco penetrable.

**Combustibilidad:**

Fácil

**Durabilidad natural:**

Hongos: Poco Durable Insectos: Resistente

**Comportamiento al secado:**

- Para el secado artificial se debe aplicar normas muy suaves, para evitar colapsos. La presencia de albura exige aplicación de insecticidas para evitar apolillado.

**Condiciones de trabajabilidad:**

- No presenta inconvenientes para el aserrado y procesos posteriores. Fácil de clavar y atornillar, con adecuada fijación. Admite sin dificultad las pinturas y barnices

**Usos habituales en construcción:**

- Tiranterías y estructura de techos; entablonados para techos; encofrados.

## VI.2.2 EL EUCALIPTO SALIGNA EN CENTRO AMERICA.

Según información recopilada por el CATIE<sup>21</sup>, se tienen los siguientes registros.

### PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA DE EUCALYPTUS SALIGNA (SMITH)

- Contenido de humedad de la madera en condición verde: 90%

- Densidad (Peso y volumen) : 0.923 g/cm<sup>3</sup>

**Contracciones:**

- Volumétrica de verde a seca al horno : 12.79%

- Radial de verde a seca al aire(\*) : 2.43%

- Radial de verde a seca al horno : 4.47%

- Tangencial de verde a seca al aire(\*) : 5.60%

- Tangencial de verde a seca al horno : 8.51%

**Razón de Contracciones:**

- Radial/Tangencial de verde a seca al aire : 1/2.30

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

- Radial/Tangencial de verde a seca al horno	:	1/1.90
<b>Flexión estática (*):</b>		
- Esfuerzo al límite proporcional	:	621 kg/cm <sup>2</sup>
- Módulo de ruptura	:	942 kg/cm <sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad	:	176 000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión paralela al grano (*):</b>		
- Esfuerzo al límite proporcional	:	363 kg/cm <sup>2</sup>
- Resistencia máxima a la compresión	:	496 kg/cm <sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad	:	135 000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión perpendicular al grano (*):</b>		
- Esfuerzo al límite proporcional	:	64 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Cizallamiento paralelo al grano (*):</b>		
- Esfuerzo máximo	:	97 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Dureza (*):</b>		
- Lateral	:	274 kg
- Axial	:	369 kg

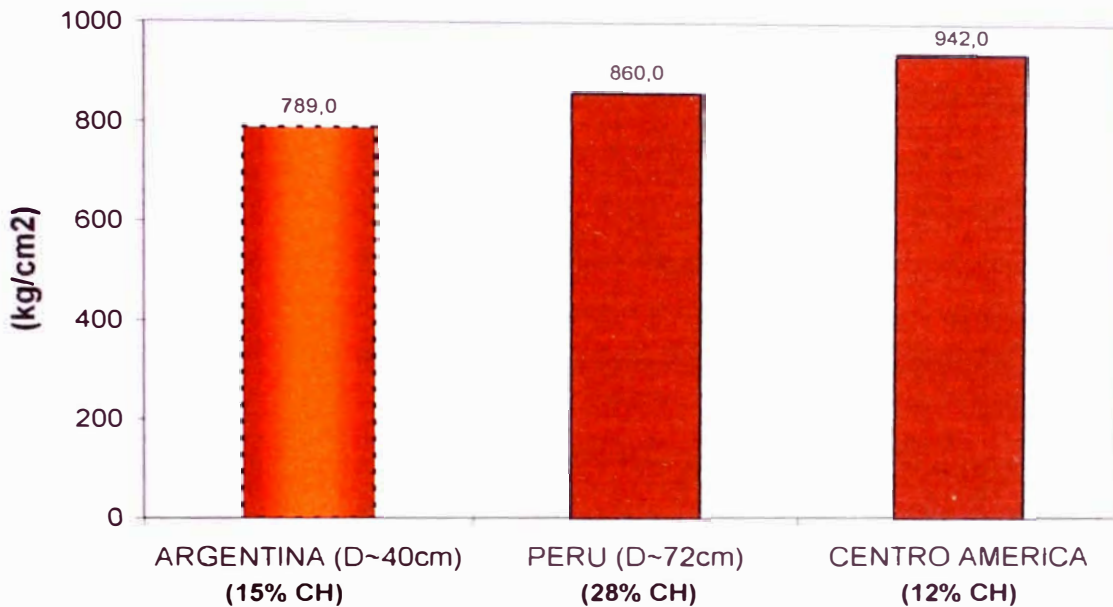
(\*) : al 12% de contenido de humedad

Se presentan todos estos datos, los cuales son congruentes con las proyecciones mostradas en el presente trabajo (Para los C.H. indicados), a modo de verificar y comprobar que nuestros valores son propios de la especie maderera Eucalipto Saligna, y asimismo, tener presente algunos valores de ensayos que en nuestro caso no se realizaron, debido a la finalidad del estudio y que no eran requisitos según norma.

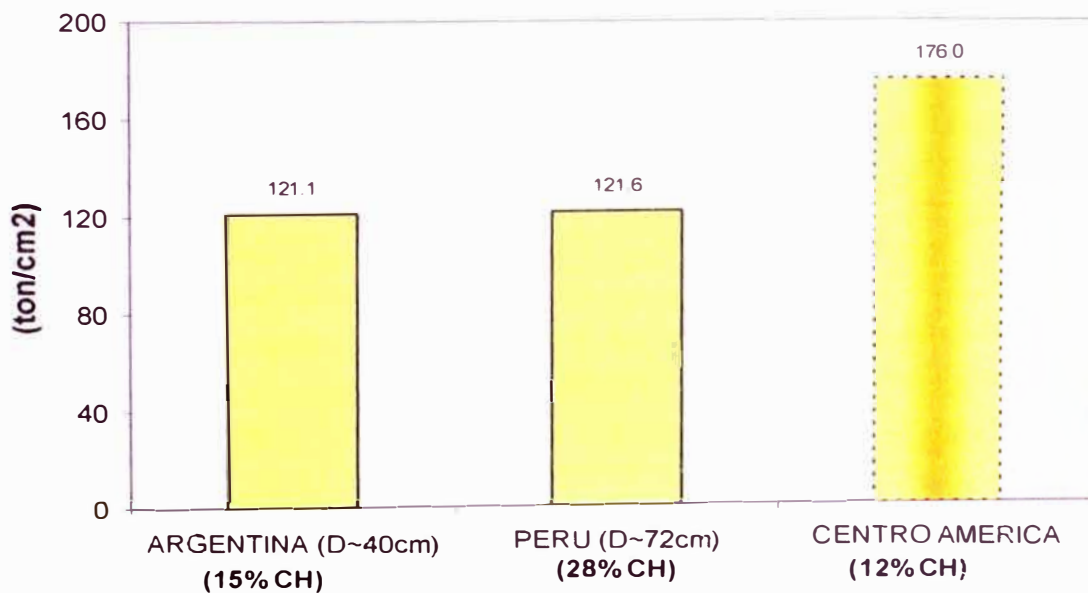
De todos modos, es necesario tener en cuenta las condiciones de los ensayos presentados, como: dimensiones de las vigas (de sección rectangular o rolliza) ó probetas, contenido de humedad, altitud y precipitaciones de la zona de la plantación, edad del árbol, etc.

En base a estos datos de países latinoamericanos, presentamos los siguientes dos gráficos. El M.O.R. del Saligna en el Perú aumentará si se proyecta para un contenido de humedad del 15%.

**Gráfico 6.9: COMPARACION DE MOR PROMEDIOS EN PROBETAS DE E. SALIGNA EN PERU, ARGENTINA y CENTROAMERICA**



**Gráfico 6.10: COMPARACION DE MOE PROMEDIOS EN PROBETAS DE E. SALIGNA EN PERU, ARGENTINA y CENTROAMERICA**



Sobre los gráficos anteriores podemos hacer dos comentarios:

- El diámetro del E. Saligna en Argentina nos sugiere que podría tratarse de un árbol joven, de 10 a 11 años de edad, lo que explicaría su menor resistencia.
- El MOE del E. Saligna de Centro América podría tratarse de un máximo, o de valores en árboles especialmente resistentes, ya que el CH no influye tanto en la rigidez. Por lo general, los valores del MOE para el Saligna no son tan altos, aunque nosotros encontramos algunos valores similares pero en vigas y fueron muy pocas, y la tendencia es que el MOE de las vigas sea superior al de las probetas.

### VI.2.3 VALORES POSIBLES PARA OTRAS PROPIEDADES DEL E. SALIGNA

Según los valores encontrados para el E. Globulus en Perú<sup>19</sup> y Ecuador<sup>25</sup>, y los valores para el Saligna en Argentina<sup>24</sup> y Centro América<sup>21</sup>, podemos hacer algunas proyecciones con límites esperados para otras propiedades del Eucalipto Saligna. Se espera que los valores que se presentan en el siguiente cuadro puedan ser verificados próximamente.

**Cuadro 6.4: VALORES REPORTADOS EN EL EXTERIOR PARA OTRAS PROPIEDADES DEL EUCALIPTO SALIGNA.**

PROPIEDADES	RANGO DE VALORES
<b>Contracciones:</b>	
- Volumétrica Total (%)	15.8 +/- 3.0
- Radial de verde a seca al horno (%)	5.1 +/- 0.8
- Tangencial de verde a seca al horno (%)	9.5 +/- 1.0
<b>Razón de Contracciones:</b>	
- Tangencial / Radial	1.86 +/- 0.4
<b>Compresión paralela al grano (15% CH) :</b>	
- Resistencia máxima a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	499 +/- 15
- Módulo de elasticidad (ton/cm <sup>2</sup> )	135.3 +/- 4
<b>Cizallamiento paralelo al grano (15% CH):</b>	
- Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	97 +/- 5

**CAPITULO VII:**

**ANALISIS DE PRODUCCION Y COSTOS**

El análisis de costos resulta ser una herramienta de mucha utilidad para el fomento de la producción forestal, así como para la generación de divisas y el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de las zonas cercanas y próximas a las plantaciones forestales.

**VII.1 VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN ACTUAL EN OXAPAMPA Y OTRAS PROVINCIAS.**

La información de los siguientes cuadros se basa en publicaciones del INRENA <sup>22 y 23</sup>, siendo datos estadísticos que contribuyen a nuestro análisis de costos.

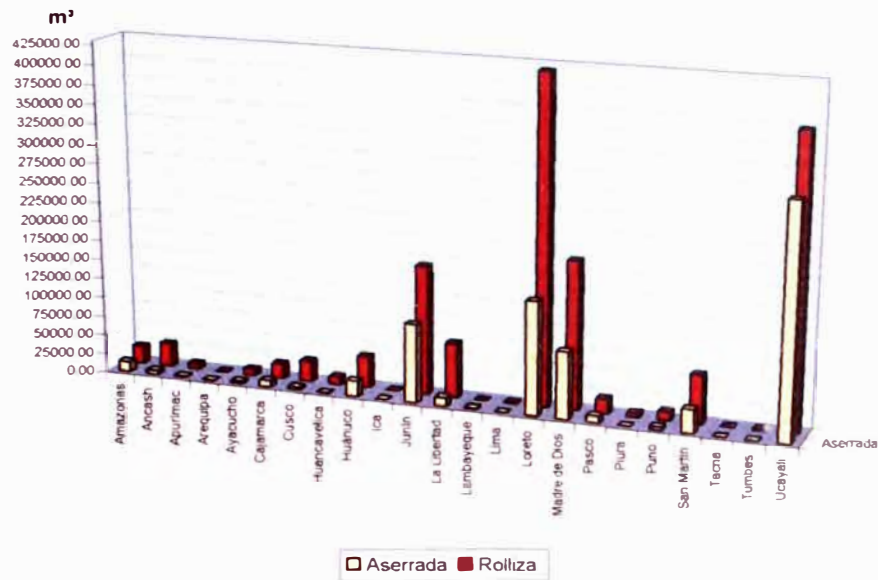
**VII.1.1 REGISTROS DE PRODUCCION DE MADERA EN EL PAIS.**

**Cuadro 7.1: PRODUCCION DE MADERA POR DEPARTAMENTOS AÑO 2005**

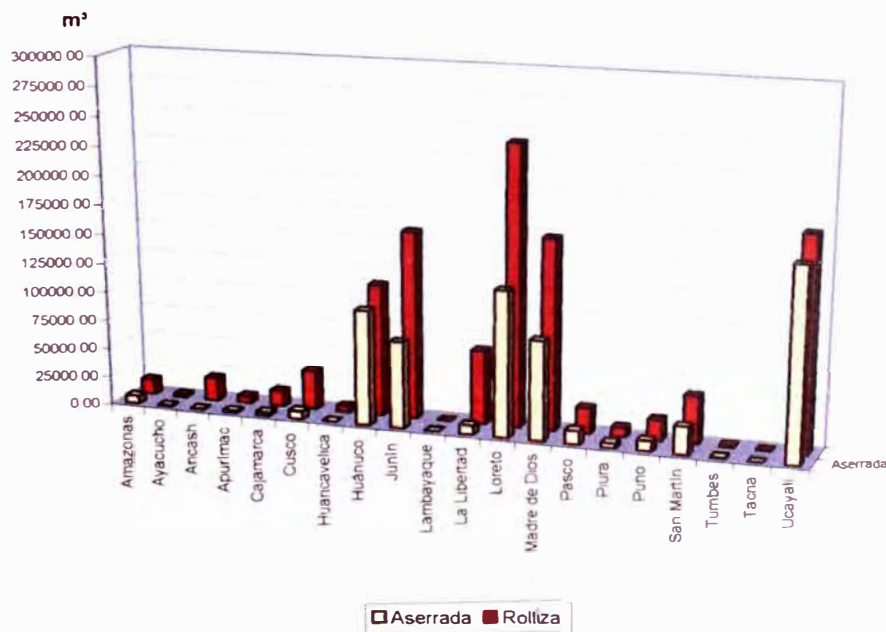
DEPARTAMENTO	ROLLIZA (m³)	ASERRADA (m³)
Amazonas	22 593,38	12 548,21
Ancash	30 484,26	5 145,80
Apurímac	6 794,02	1 809,60
Arequipa	182,63	8,00
Ayacucho	7 717,29	2 891,33
Cajamarca	18 723,66	7 885,37
Cusco	26 952,75	3 665,28
Huancavelica	9825,81	96,70
Huánuco	40 729,03	19 993,77
Ica	131,39	1,57
Junin	166 042,01	101 295,55
La Libertad	70 490,50	10 820,23
Lambayeque	240,00	1 712,34
Lima	1 354,26	235,18
Loreto	421,310,09	146 243,07
Madre de Dios	191 410,70	86 728,53
Pasco	19 208,89	8 985,83
Piura	5 063,74	343,22
Puno	11 105,58	3 696,48
San Martín	62 785,17	30 582,26
Tacna	446,95	64,72
Tumbes	1 768,50	0,80
Ucayali	373 101,24	298 674,36
<b>TOTAL</b>	<b>1 488 461,85</b>	<b>743 428,21</b>

Fuente: INRENA (2006)<sup>23</sup>

**Gráfico 7.1: PRODUCCION DE MADERA POR DEPARTAMENTOS - AÑO 2005**



**Gráfico 7.2: PRODUCCION DE MADERA POR DEPARTAMENTOS- AÑO 2002**



Para el año 2002 la producción total de madera registrada por las Administraciones Técnicas de Control Forestal y de Fauna Silvestre fue de 1'109 830.02 m<sup>3</sup> en madera rolliza, y de 626 668.10 m<sup>3</sup> en madera aserrada. Es decir, hubo un aumento en la producción de 9.36% en madera rolliza y de 7.11% en madera aserrada.

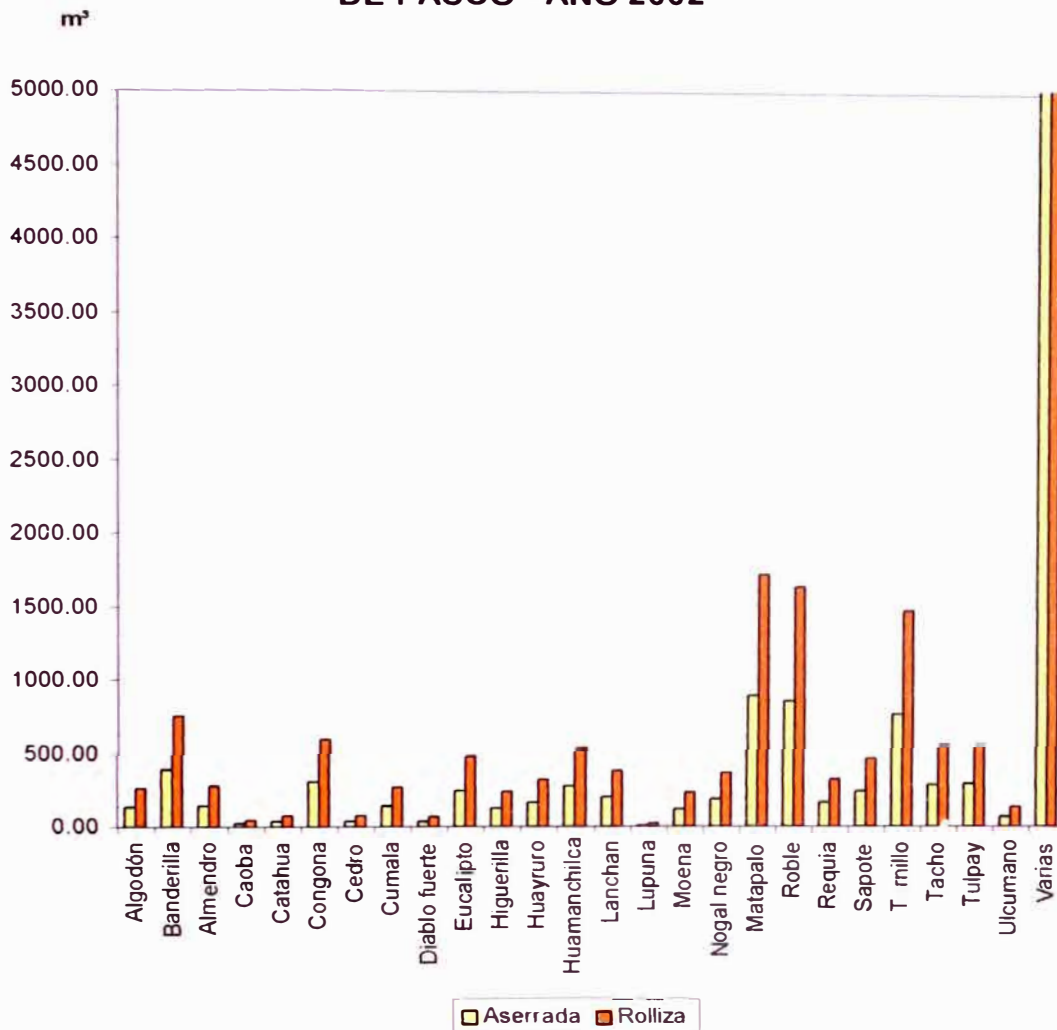
El INRENA no tiene registros de la producción de Eucaliptos para el año 2004 en el Dpto. de Pasco, que nos interesa en particular, por ello mostramos el último año que si lo incluye.

**Cuadro 7.2: PRODUCCION DE MADERA EN EL DEPARTAMENTO DE PASCO POR ESPECIE - AÑO 2002**

ESPECIE MADERERA	ROLLIZA (m <sup>3</sup> )	ASERRADA (m <sup>3</sup> )
Algodón	262.41	136.67
Banderilla	748.99	390.10
Almendra	276.29	143.90
Caoba	47.04	24.50
Catahua	73.32	38.19
Congona	592.80	308.75
Cedro	75.03	39.08
Cumala	271.99	141.66
Diablo fuerte	66.84	34.81
<b>Eucalipto</b>	<b>481.98</b>	<b>251.03</b>
Higuerilla	242.57	126.34
Huayruro	320.72	167.04
Huamanchilca	537.52	279.96
Lanchan	385.09	200.57
Lupuna	20.37	10.61
Moena	235.08	122.44
Nogal negro	368.06	191.70
Matapaio	1718.53	895.07
Roble	1642.71	855.58
Requia	323.40	168.44
Sapote	462.80	241.04
Tornillo	1470.26	765.76
Tacho	553.52	288.29
Tulpay	559.33	291.32
Ulcumano	137.03	71.37
Varias	10480.38	5458.53
<b>TOTAL</b>	<b>22354.08</b>	<b>11642.75</b>



**Gráfico 7.3: PRODUCCION DE MADERA EN EL DPTO. DE PASCO - AÑO 2002**



Fuente: INRENA (2004)<sup>22</sup>

La producción general de Eucalipto registrada por INRENA para el departamento de Pasco, durante el año 2002 y convirtiendo todo a madera rolliza, sería de **963.96 m³**. Considerando el total de especies madereras, y llevando toda la producción a su equivalente como madera rolliza, el registro estadístico en Pasco sería de **36461.68 m³** para el año 2005 y de **44708.16 m³** para el año 2002, notándose un descenso en la producción.

También indicaremos los departamentos de mayor producción de Eucalipto, cuya producción total, para el año 2005, se indica en el cuadro 1.3 del Capítulo I (188 574,33 m³ en madera rolliza y 49 905,13 m³ en madera serrada).

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

**Cuadro 7.3: PRODUCCION DE MADERA DE EUCALIPTO (GLOBULUS)  
 POR DEPARTAMENTO – AÑO 2005**

DEPARTAMENTO	ROLLIZA (m³)	ASERRADA (m³)
La Libertad	69 921	10 797
Junín	29 725	29 846
Ancash	30 032	4 479
Cusco	20 079	286
Huancavelica	9 826	97
Apurímac	6 612	1 688
Cajamarca	6 314	1 011
Huánuco	4 995	869
Puno	4 939	490

Fuente: INRENA (2006)<sup>23</sup>

### VII.1.2 PRODUCCION ESPERADA DE E. SALIGNA EN VILLA RICA.

Las empresas forestales, particulares, esperan lograr para los siguientes 10 años un área de cultivo superior a las 5000 Ha . Considerando que una Ha en 10 años puede ofrecer 450 000 pt (Conservadoramente), y siendo que:

$$450\ 000\ \text{pt} \leftrightarrow 1060\ \text{m}^3$$

En 5000 Ha:  $\text{prod}_{\text{total}} = 5\ 300\ 000\ \text{m}^3$

Se lograría alcanzar una producción anual promedio de:

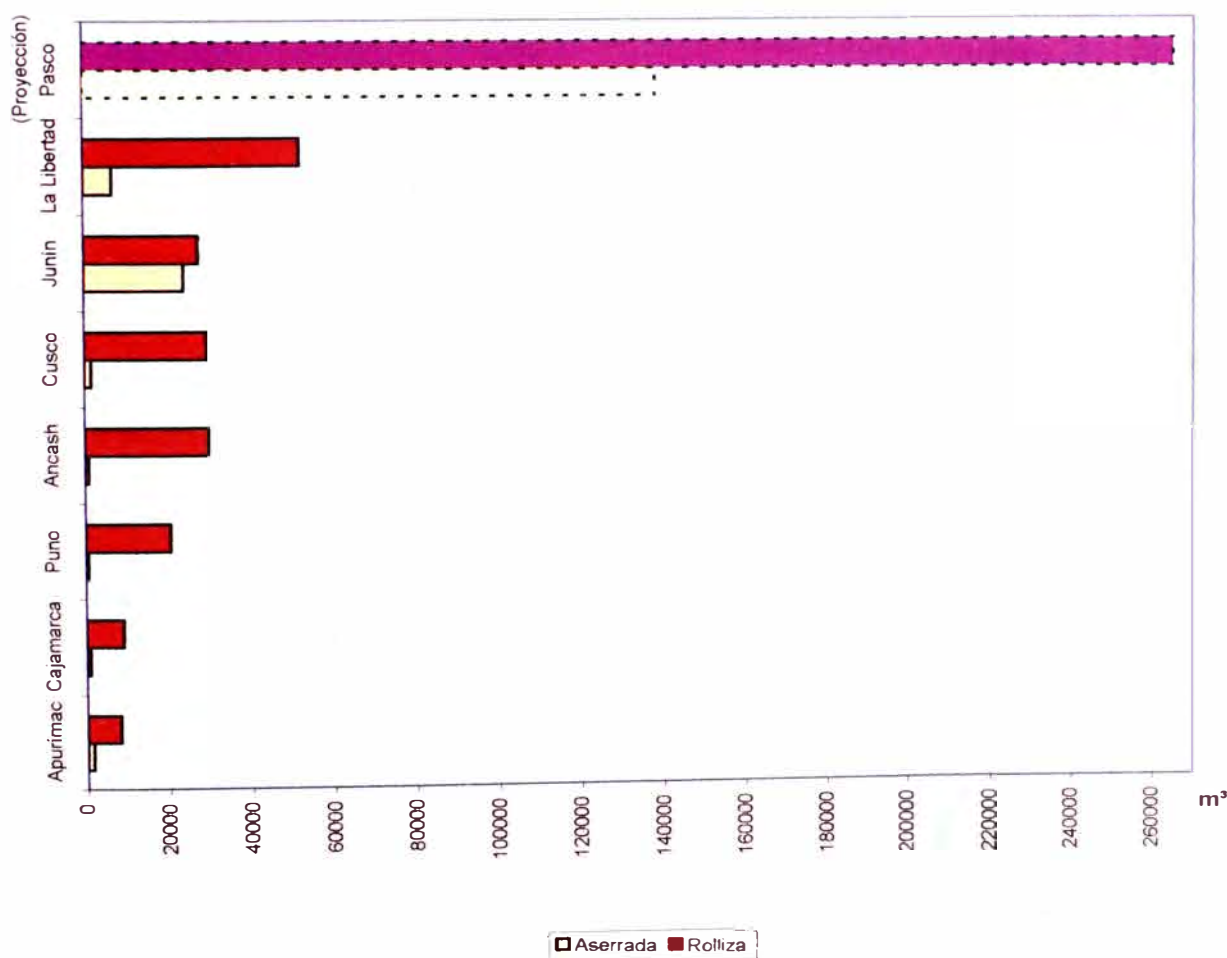
$$\text{prod}_{\text{anual}} = 530\ 000\ \text{m}^3$$

Que sería en total madera rolliza, de la que se extraería para madera aserrada los porcentajes requeridos por el mercado.

Comparando las producciones registradas con las proyectadas para el Eucalipto Saligna se espera que la producción de madera no sólo en Oxapampa, sino en todo Pasco, se incremente de 12 a 16 veces su actual producción anual promedio, es decir, en 1200% por lo menos. Considerando solo el Eucalipto en Pasco, con una Ha de E. Saligna bastaría para sobrepasar el promedio de producción anual.

Considerando solo la producción de Eucalipto a nivel nacional, La Libertad es el departamento de mayor producción, con un total globalizado de 90 652 m<sup>3</sup> de madera rolliza. La producción esperada para el Saligna sería superior en Villa Rica en cerca de 600% . En el siguiente gráfico se muestran los valores del cuadro 7.3 con la introducción de la proyección para el E. Saligna.

**Gráfico 7.4: PRODUCCION DE EUCALIPTO EN EL PERU**



## VII.2 COSTOS LOCALES Y REGIONALES PARA VILLA RICA.

La siguiente información intenta contribuir a un modelo de gestión que pueda ser empleado por empresarios, extractores y exportadores, reforestadores, inversionistas, planificadores, etc. con fines de Reforestación y de inversión en la Industria Maderera.

### VII.2.1 EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO POR HECTAREA

**Inversión.-** Según proyecciones hechas por empresas de reforestación, se puede estimar los costos por Ha para plantaciones de Eucalipto Saligna y otras especies de la zona de Villa Rica. El tiempo base es de 10 años.

**Cuadro 7.4: COSTOS PARA PLANTACIONES DE EUCALIPTO (Ha)**

CONCEPTO	ACTIVIDADES	COSTOS PARCIALES (\$)	TOTAL (\$)
TERRENO	COMPRA	600	
MANEJO 1er AÑO	VIVERO, FLETE, ABONO, MANTENIMIENTO	1125	
MANEJO EN LOS SIGUIENTES 9 AÑOS	MANTENIMIENTO, RALEOS Y PODA	910	
EXTRACCION Y HABILITADO	TALA, TRANSPORTE, ASERRIO	19300	
COSTO/HA (\$)			21935

Es necesario precisar que el costo del terreno tiene una variación dependiendo de la cercanía, accesibilidad a una vía y otras variables. El valor del cuadro es un promedio. Asimismo, los valores de los servicios pueden tener una variación, que sería mínima. Es decir, aplicando los criterios de margen de error y de seguridad, en condiciones generales

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*

estables, ese valor es un buen parámetro de referencia. Con él seguiremos nuestro análisis.

**Beneficios.-** El cálculo de las utilidades también estará sujeto a variables de la zona y el tiempo. Aquí se presenta una estimación en condiciones estables, por Hectárea a los 10 años. Se considera un valor de la madera promedio de \$ 0.58/pt

**Cuadro 7.5: INGRESO BRUTO POR HECTAREA**

CONCEPTO	PRODUCCION	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
ÁRBOLES TALABLES (unid)	500	--	
PIE TABLAR POR ARBOL / FACTOR (pt)	1000 / 1.92	--	
MADERA COMERCIAL / HA (pt)	260 417	0.58	
INGRESO BRUTO / Ha (\$)			151 000

**Rentabilidad.-** Conociendo el valor de las utilidades, podemos proyectar los índices de rentabilidad a los 10 años.

$$\text{Utilidad (\$)} = 151\,000 - 21\,935 = 129\,065$$

$$\rightarrow \begin{aligned} B / C &= 688 \% \\ U / C &= 588 \% \end{aligned}$$

**TIR - año:**

$$\text{Costos (\$)} = P = 1725, \quad t = 10 \text{ años}$$

$$F = P (1 + r)^t$$

$$\rightarrow r = (151\,000 / 1725)^{0.1} - 1$$

$$r = 56.4\%$$

### VII.2.2 COSTOS PARA OTRAS LOCALIDADES DE LA REGION Y LIMA

Las variables que aparecen son por los conceptos de transporte hasta su destino final, aunque puede ser un costo que asuma el cliente o comprador. Aún así, se puede estimar un valor adicional de \$ 0.07 / pt para pueblos dentro de la región centro, es decir, que pertenezcan a los departamentos de Pasco, Junín, Huánuco.

Los costos para Lima u otras ciudades más alejadas de Villa Rica, se incrementan aproximadamente de (\$) 0.10 a 0.12 por pie tablar según sea su destino final. Estos son costos en general para maderas de densidad alta y/o con alto C.H.

Con estas consideraciones se puede obtener la siguiente escala de precios (en nuevos soles) para el Eucalipto Saligna:

**Cuadro 7.6: COSTOS DE LA MADERA DE EUCALIPTO SALIGNA POR PIE TABLAR SEGÚN CIUDADES**

MADERA	LOCALIDAD VILLA RICA	REGION CENTRO	LIMA
E. SALIGNA	S/. 1.90	S/. 2.10	S/. 2.35

Tipo de cambio: \$ 1.00 = S/. 3.16

### VII.3 PROYECCIONES A CORTO Y MEDIANO PLAZO.

Si bien la madera aserrada puede ser más rentable después de los 15 años de edad por árbol, es posible obtener utilidades desde los 07 años, esencialmente como troncos rollizos para postes de electrificación. La siguiente evaluación continua con el ciclo de 10 años, lo que es un plazo corto en comparación con otras especies madereras de mayor comercialización.

#### VII.3.1 INGRESOS GLOBALES PROYECTADOS PARA LA INDUSTRIA MADERERA LOCAL EN VILLA RICA.

Con los volúmenes estimados en el punto 7.1.2 del presente capítulo, se pueden esperar los siguientes resultados:

Valor de venta anual:

$$Va = 530\ 000 \times f \times PU$$

$$Va = 530\ 000 \times 0.52 \times 423.8 \times 1.90$$

$$Va = 221'918\ 632.00 \quad \text{nuevos soles / año}$$

Donde:

f : factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada.

$$(f = 1 / 1.92).$$

PU : Precio unitario de la madera por pie tablar.

De este monto, que es el valor de venta (a nivel local), los beneficios económicos destinados a obras sociales se obtienen a través de los ingresos que perciben el Estado y los gobiernos locales y regionales.

Entre estos conceptos podemos mencionar: el impuesto general a las ventas I.G.V. (19% del total del valor de la venta), el canon forestal (50% del pago del derecho de aprovechamiento de productos forestales y de fauna silvestre), entre otros.

### VII.3.2 COMPARACIONES ENTRE LA CAOBA, EL CEDRO Y EL EUCALIPTO SALIGNA.

Considerando los valores registrados en exportación para estas especies durante el año 2005, tenemos:

**Cuadro 7.7: EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES MADERABLES. PERU – 2005**

CAOBA (m <sup>3</sup> )	CEDRO (m <sup>3</sup> )	TOTAL FOB (\$)
23 620.57	29 163.48	54' 181 501.54

Fuente: INRENA (2006)<sup>23</sup>

**Cuadro 7.8: Comparación de la producción de madera entre árboles adultos (25 años) de las especies Caoba, Cedro y Eucalipto Saligna.**

ESPECIE	CAOBA (Swietenia macrophylla)	CEDRO (Cedrela Odorata)	SALIGNA (Eucalyptus Saligna)
ALTURA TOTAL (m)	45	50	55
ALTURA COMERCIAL (m)	30	30	35
D.A.P. (m)	1.50	1.20	1.50
CICLO OPTIMO (años)	20 a 25	De 20 a más	15 a 20
Nº ARBOLES / HA (Final)	200 a 300	--	500

Podemos plantear las siguientes observaciones:

- Del cuadro 7.8 vemos que las primeras diferencias entre los árboles adultos son pequeñas. Con respecto al Cedro, se nota ligera mayor altura y DAP del Saligna. La mayor ventaja con respecto a la Caoba radica en su ciclo de tala y en el número de árboles por hectárea.
- Para alcanzar los 30 000 m<sup>3</sup> de madera aserrada, se necesitarían de 32 a 35 Ha con árboles de E. Saligna de 15 años.

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*



### VII.3.3 INFLUENCIA EN EL DESARROLLO PARA LA LOCALIDAD DE VILLA RICA Y PUEBLOS VECINOS.

**En el aspecto económico** serían centenas de millones de nuevos soles en transacciones, que generarían en ingresos para el estado (Impuestos, rentas, canon, etc.) decenas de millones de nuevos soles al año, los que de ser bien utilizados se traducirían en beneficios sociales y en incentivos para las pequeñas y micro empresas locales.

Además, se generan expectativas en la economía de la región que no se limitaría a los pueblos más conocidos, como La Merced y Oxapampa, sino que Villa Rica surgiría como un nuevo polo de desarrollo.

**En el plano laboral** está demostrado que a nivel local, cada 10 hectáreas trabajadas originan por lo menos 2 puestos de trabajo jornal, estaríamos hablando de 10 000 puestos de trabajo permanente. Pero quizá lo más interesante es la cantidad de puestos de trabajo en épocas de tala, que podrían ser hasta 100 000 anualmente, los que deberían ser planificados y repartidos.

**Las vías de acceso** o carreteras que aún faltan podrían gestionarse con los ingresos que la actividad forestal genera. Esto beneficiaría las actividades económicas de la población en general (No solo a la industria maderera), y además contribuiría con otras actividades inherentes.

**En el aspecto social** la población se beneficiaría con la accesibilidad y la posibilidad de comunicarse con otros pueblos sin tantos inconvenientes: sólo a Oxapampa, desde Villa Rica se hacen casi dos horas por carretera en trocha y una hora más por carretera asfaltada, es decir, tres horas. Por vía asfaltada (carretera nueva) se puede hacer en una hora. Pero eso es solo a Oxapampa, si se quiere ir a Chanchamayo, hay que pasar necesariamente casi dos horas por vía a trocha, con las molestias que ello conlleva: poca velocidad (tiempo perdido), inseguridad en tiempos de lluvia, polvaredas, desgaste de los motores de los vehículos, etc.

**El turismo** cobraría un mayor impulso, debido a la mayor accesibilidad. Por ahora los turistas que llegan a Chanchamayo solo escuchan de Oxapampa, Pozuzo y Satipo como las principales alternativas, teniendo cerca a Villa Rica, que contaría con atractivos como la laguna del Oconal, las cataratas de "el León" y "la Bruja", los albergues turísticos en el distrito, el Miradero, las plantaciones frutales de Eneñas, y las nacientes plantaciones de Eucaliptos que sería también un atractivo turístico con los beneficios ecológicos que acarrea, si son llevadas planificadamente.

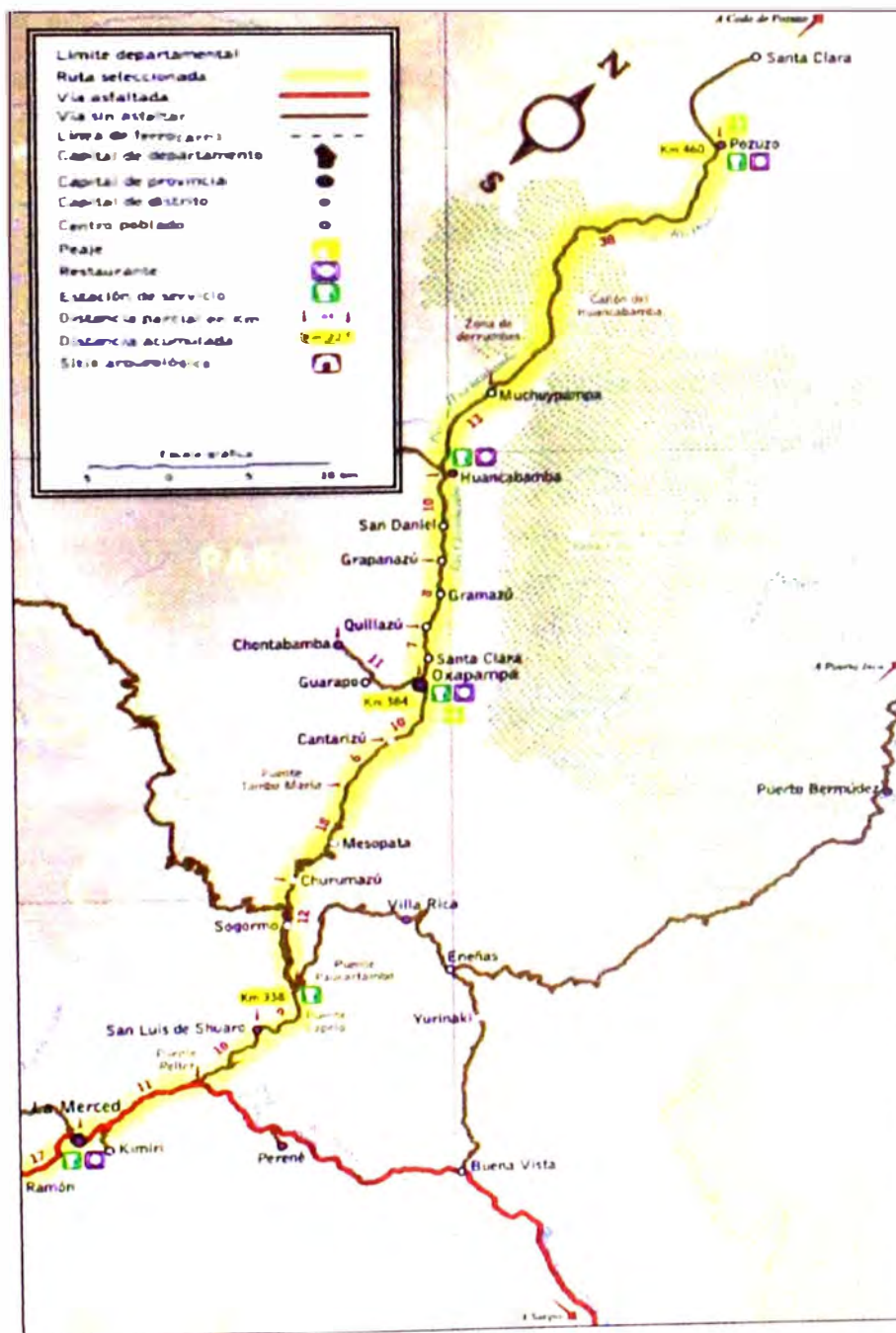


Fig. 7.1: Vías de Acceso a Villa Rica (R&T-2004)

## CONCLUSIONES

- La madera de la especie Eucalipto Saligna es de color rosado claro en el duramen, ligeramente más clara en su albura, que tiene un espesor aprox. de 3 a 4 pulgadas en árboles de 15 a 18 años de edad. De grano recto a ligero entrecruzado, se considera una **madera medianamente dura** debido a su densidad, y por su presentación se considera como **madera vista**.
- Tiene por lo general un comportamiento regular durante el secado. Algunas vigas mostraron defectos de encorvadura. Tiene **buena trabajabilidad**, no presenta dificultades durante el aserrado, cepillado, ni en su perforado.
- El 98% de las vigas ensayadas (39 de las 40), presentaron un C.H. mayor o igual al 30% debido a que se evitó un proceso de secado rápido, a sugerencia de los asesores y a una indicación de la norma ITINTEC 251.107. Es decir, las vigas al momento de ensayo se encontraban en condición de **madera en estado verde**.
- Los ensayos en probetas más pequeñas se realizaron una semana después de concluidos los ensayos en vigas, y debido a sus menores dimensiones el contenido de humedad de las probetas fue disminuyendo resultando inferior al de las vigas, pero comprendidas entre 26 a 29% de C.H.
- La Densidad Básica se obtuvo de muestras de las vigas a escala natural. Su valor promedio fue de  $0.61 \text{ g/cm}^3$ .
- El Módulo de Elasticidad Aparente para las vigas a escala natural, obtenido a un C.H. de 46%, es de  $135\,411 \text{ kg/cm}^2$  en promedio, y de  $110\,918 \text{ kg/cm}^2$  para el valor mínimo (Valor 0.05N, donde N es el número de muestras), superiores ambos a los valores mínimos para las maderas del grupo A Estructural.
- El Módulo de Elasticidad Real (Considerando los efectos de corte), obtenido al mismo C.H. (46%) para las vigas a escala natural, es de  $140\,471 \text{ kg/cm}^2$  en promedio, y de  $110\,327 \text{ kg/cm}^2$  para el valor mínimo.
- El Esfuerzo Admisible obtenido para las vigas es de  $201 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que, según la Norma E.101 "Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural", el Eucalipto Saligna se clasifica en el grupo B Estructural.
- En los ensayos realizados para determinar sus propiedades mecánicas, el coeficiente de variación fue menor al 15% tanto en vigas como en probetas,

lo que demuestra para el Eucalipto Saligna un comportamiento uniforme deseable, a pesar de las diferencias de edad (03 años) y, en algunos casos, de altura de las trozas.

- El esfuerzo máximo resistente a la flexión promedio que se obtuvo para las vigas de 4cm x 14cm x 360cm fue de 639 kg/cm<sup>2</sup>, y el valor mínimo fue de 514 kg/cm<sup>2</sup>, a un C.H. de 46%.
- El promedio del esfuerzo en el límite proporcional que se obtuvo para las vigas fue de 450 kg/cm<sup>2</sup>, y que equivale al 70% de su resistencia a la flexión promedio.
- El esfuerzo máximo resistente a la flexión promedio (Que denotamos MOR) que se obtuvo para las probetas de 5cm x 5cm x 75cm fue de 860 kg/cm<sup>2</sup>, y el valor mínimo fue de 750 kg/cm<sup>2</sup>, a un C.H. de 28%.
- El promedio del esfuerzo en el límite proporcional que se obtuvo para las probetas de 75cm de longitud fue de 565 kg/cm<sup>2</sup>, y que equivale al 65% de su resistencia a la flexión promedio.
- El esfuerzo máximo resistente a la flexión promedio que se obtuvo para las probetas de 2.5cm x 2.5cm x 41cm fue de 942 kg/cm<sup>2</sup>, y el valor mínimo fue de 823 kg/cm<sup>2</sup>, a un C.H. de 26%.
- El promedio del esfuerzo en el límite proporcional que se obtuvo para las probetas de 41cm de longitud fue de 640 kg/cm<sup>2</sup>, y que equivale al 68% de su resistencia a la flexión promedio.
- La diferencia de resultados entre las probetas de 75cm y de 41cm (de longitud) se explica en parte por la diferencia, aunque pequeña, de los contenidos de humedad. Además, las probetas más pequeñas pertenecían a un solo árbol (IV), por lo que sus resultados son más uniformes y ligeramente mayores al promedio.
- La influencia del C.H. en esta especie es similar con respecto a otras maderas. Se estima que para las vigas de E. Saligna, a un C.H. del 12 al 15%, la resistencia a la flexión subiría hasta en un 15%, alcanzando valores de 735 kg/cm<sup>2</sup> en promedio y de 590 kg/cm<sup>2</sup> en su valor mínimo.
- De los ensayos realizados, se puede concluir que a los 15 años de edad el árbol de Eucalipto Saligna ofrece ya una buena resistencia a la flexión (El Esfuerzo Admisible para las vigas sería de 196 kg/cm<sup>2</sup>), y clasifica como madera del Grupo B Estructural.

- 
- Asimismo queda comprobado que el Eucalipto Saligna tiene una mayor resistencia a la flexión que el Eucalipto Globulus, en un 20% aproximadamente. La densidad básica del E. Saligna es ligeramente mayor, solo entre 5 a 10%, y ambas especies tienen rigideces similares.
  - Existe una importante similitud de propiedades físicas y mecánicas entre el E. Saligna con el Huayruro. Ambas maderas sobresalen notoriamente por su mayor resistencia a la flexión que otras especies de similares densidades. Pero, el árbol de E. Saligna ofrece una mayor producción y un crecimiento más rápido.
  - El árbol de Eucalipto Saligna ofrece una gran cantidad de biomasa, pues tiene un importante crecimiento diametral y también vertical: a los 18 años alcanza un DAP promedio de 72 cm , una altura comercial de más de 25 metros y un volumen de 2000 pt como madera rolliza (Sin corteza), ó más de 1000 pt como madera aserrada.
  - Es conveniente precisar el hecho que ciertas dificultades de secado y aserrio las debe asumir la Industria Maderera, de modo que la Industria de la Construcción se ve beneficiada una vez que el producto está a la venta. Pero no debemos ser indiferentes al proceso de industrialización a que es sometida esta madera, a fin de entender sus bondades y sus costos finales.
  - Al explotar planificadamente este recurso natural y específicamente el E. Saligna, se beneficiarían no solo la Industria de la Construcción y la Industria Maderera, sino también otras industrias importantes e inclusive otras actividades derivadas, las cuales contribuirían al desarrollo de la localidad de Villa Rica, en Oxapampa, y en general a esta zona central del país.

## RECOMENDACIONES

- El eucalipto es un género con condiciones para repoblar terrenos pobres e improductivos, donde otros géneros tendrían un crecimiento lento. Además, pueden cultivarse en lugares muy diversos y la mayoría de especies no necesitan protección contra el ganado.
- En algunos lugares los eucaliptos no serán recomendables; en otros, las plantaciones de eucaliptos serán muy útiles y, como para la toma de otras decisiones relativas a la silvicultura y el uso del suelo, la clave del éxito es un análisis cuidadoso de las necesidades de las comunidades y de la productividad potencial de los terrenos.
- Debido a la reducción de la oferta de las maderas tradicionalmente utilizadas por los aserraderos, hoy en día hay una tendencia hacia la búsqueda de especies maderables que puedan cubrir los crecientes requerimientos de exportación mundial. Por ello, y siendo el Perú el segundo país de mayor extensión territorial de bosques tropicales en América Latina, consideramos necesario incrementar el número de especies calificadas para su uso como madera estructural y no estructural, vía los procedimientos normativos correspondientes.
- La madera de Eucalipto Saligna es ideal para una serie de usos en la Industria de la Construcción. Siempre será conveniente procesarla hasta su venta como madera aserrada, y en lo posible, a nivel de elementos prefabricados, pues esto le da un valor agregado con incidencia comercial favorable para el productor y para el cliente.
- A nivel estructural se puede utilizar como: vigas y estructuras de techos, entablonados para techos, columnas, encofrados, pie derechos, postes de electrificación, puntales para minas, elementos sometidos a impactos (vagones, lanchas, durmientes), etc.
- A nivel no estructural se recomienda su uso en: pisos, parquet, tableros prensados, tabiquería de interiores, ebanistería, muebles, marcos para puertas y ventanas, molduras de pasamanos y barandas, pasos de escaleras, zócalos y contra zócalos, etc.
- Para la mayoría de estos usos es conveniente preservar la madera de acuerdo al uso, y someterla a procedimientos de pre secado hasta alcanzar

el punto equilibrio en su Contenido de Humedad, antes de darles el cepillado final. Esta debe ser una práctica general en maderas para uso estructural.

- Se sugiere la introducción de una inspección normalizada y/o campañas de capacitación, que garanticen la calidad de la producción de elementos estructurales de madera, a fin de garantizar su clasificación, tipo de preservación, dimensionamiento, etc.
- El E. Saligna también es aprovechable en la Industria del Papel, en la Industria Farmacéutica y Cosmética, en Textilería, como leña y carbón, y varios otros usos.
- Según el análisis mostrado para la clasificación de la especie maderera, es conveniente precisar un par de aclaraciones sobre la norma *E-101: Agrupamiento de Maderas para uso Estructural*. En ella se indica que debe aplicarse 04 factores de reducción para obtener el esfuerzo admisible. Consideramos que:
  - a) No es necesario aplicar el factor por concepto de Calidad cuando se ensayan vigas a escala natural (Sección de 4cm x 14cm y 300cm de luz), pues con una buena clasificación visual las vigas ya se encuentran en condición de servicio; y
  - b) Evidentemente, en los ensayos sobre probetas sí será necesaria la aplicación de los 04 factores indicados en la norma (Aún cuando los ensayos sobre probetas no son suficientes para la clasificación estructural), debiendo analizarse la reducción del factor por tamaño de 0.90 a 0.80 (En probetas de 5cm x 5cm y 70cm de luz), según lo expuesto en el capítulo V del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

1. CNF-INRENA-OIMT, "Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú". Segunda Edición, Lima – Perú, 1996.
2. HILLIS W. E., "Eucalyptus for wood production". Csiro Academic Press, 1984.
3. SUMA-CIDEM-UMSNH-CONAFUR, Memoria: "Seminario Michoacano sobre la Problemática Ambiental de las Especies Introducidas. Caso Eucalyptus". Michoacán – México, 2002.
4. PADT-REFORT/JUNAC, "Manual de diseño para maderas del Grupo Andino". Cuarta Edición, Lima, 1984.
5. PADT-REFORT/JUNAC, "Influencia de defectos en la Rigidez y Resistencia de Vigas de 5 especies de la Sub Región Andina". Lima, 1983.
6. REDINFOR, "Bibliografía Forestal del Perú". Lima, 1994
7. MARTINEZ J., Tesis de Grado: "El Eucaliptus Glóbulus en la Construcción". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 1973.
8. RAYMUNDO H.C., Tesis de Grado: "Resistencia mecánica a la flexión a escala natural en vigas rollizas de Eucalipto Glóbulus Labill". Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín - Perú, 1991.
9. BALBUENA V., Tesis de Grado: "Secado de la madera Eucalipto e Influencia en sus propiedades". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú, 1999.
10. CAMACHO S., Tesis de Grado: "Incorporación de la especie maderable Quinilla Colorada (Manilkara bidentada) para uso estructural ". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 2004.
11. SANCHEZ F., Tesis de Grado: "Propiedades físico-mecánicas de la madera Huamanchilca". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 1999.
12. ITINTEC, 251.010 MADERAS. Método de Determinación del Contenido de Humedad. Lima – Perú, 1980.
13. ITINTEC, 251.011 MADERAS. Método de Determinación de la Densidad. Lima – Perú, 1980.



14. ITINTEC, 251.017 MADERAS. Método de Ensayo de Flexión Estática. Lima – Perú, 1980.
15. ITINTEC, 251.104 MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Clasificación Visual y Requisitos. Lima – Perú, 1980.
16. ITINTEC, 251.107 MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural. Lima – Perú, 1980.
17. NORMA E.101 “Agrupamiento de Maderas para uso Estructural”. Lima – Perú, 1989.
18. FCF-UNALM, “Revista Forestal del Perú”. Lima, 2001.
19. AROSTEGUI, A “Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país”. Lima, 1974.
20. CATIE-DIGEBOS, “Resultado de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto Madeleña en Guatemala”. Turrialba - Costa Rica, 1997.
21. CATIE, “Saligna (Eucalyptus Saligna) especie de árbol de uso múltiple en América Central”. Turrialba - Costa Rica, 1991.
22. INRENA, “Perú forestal en números año 2002”. Lima, 2004.
23. INRENA, Publicación en Internet: “Perú forestal en números año 2005”. Lima - Perú, 2006. [http://www.inrena.gob.pe//iffs/iffs\\_cif\\_estad.htm](http://www.inrena.gob.pe//iffs/iffs_cif_estad.htm)
24. IFN, Publicación en Internet: “Ficha Técnica 03 Eucalipto Saligna”. Argentina. [http://www.cadamda.org.ar/paginas/informacion/fichas%20tecnicas/ficha3/eucalipto\\_saligna.htm](http://www.cadamda.org.ar/paginas/informacion/fichas%20tecnicas/ficha3/eucalipto_saligna.htm).
25. PADT-REFORT/JUNAC, “Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies del Perú”. Lima, 1981.
26. PADT-REFORT/JUNAC, “Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino”. Lima, 1981.

## **ANEXOS**

**Anexos A: Fotos.**

**Anexos B: Registros de laboratorio.**

**Anexos C: Normas empleadas.**

## **ANEXO A:**

### **FOTOS**

**Anexo A.1: Del proceso de muestreo en campo.**

**Anexo A.2: De los ensayos realizados.**

## A.1- DEL PROCESO DE MUESTREO EN CAMPO



*Arboles de Eucalipto Saligna(08 años)*



*Vivero de plantas y semillas de Eucalipto Saligna -Villa Rica.  
(Estructura y elementos también de E. Saligna).*



*Copa de árboles E. Saligna (10 años)*



*Arrastre de troza - árbol I (18 años)*



*Carguio de Troza I-1*



*Carguio de trozas – árboles II y III*



*Pie de árbol  
(18 años).*



*Trabajos de aserrío en Villa Rica.*



*Personal y equipo aserrando la Troza I-1*



*Cepillado de muestras en aserradero de Villa Rica.*



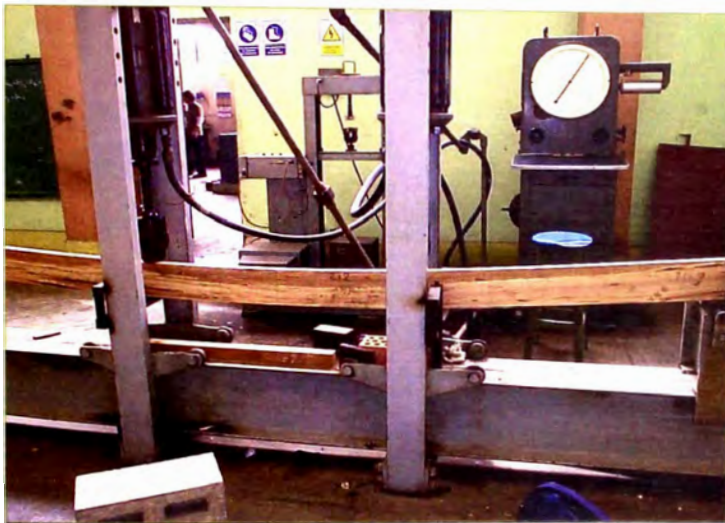


*Habilitado en carpintería UNI*



*Cepillado de vigas en carpintería UNI*

## A.2- DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



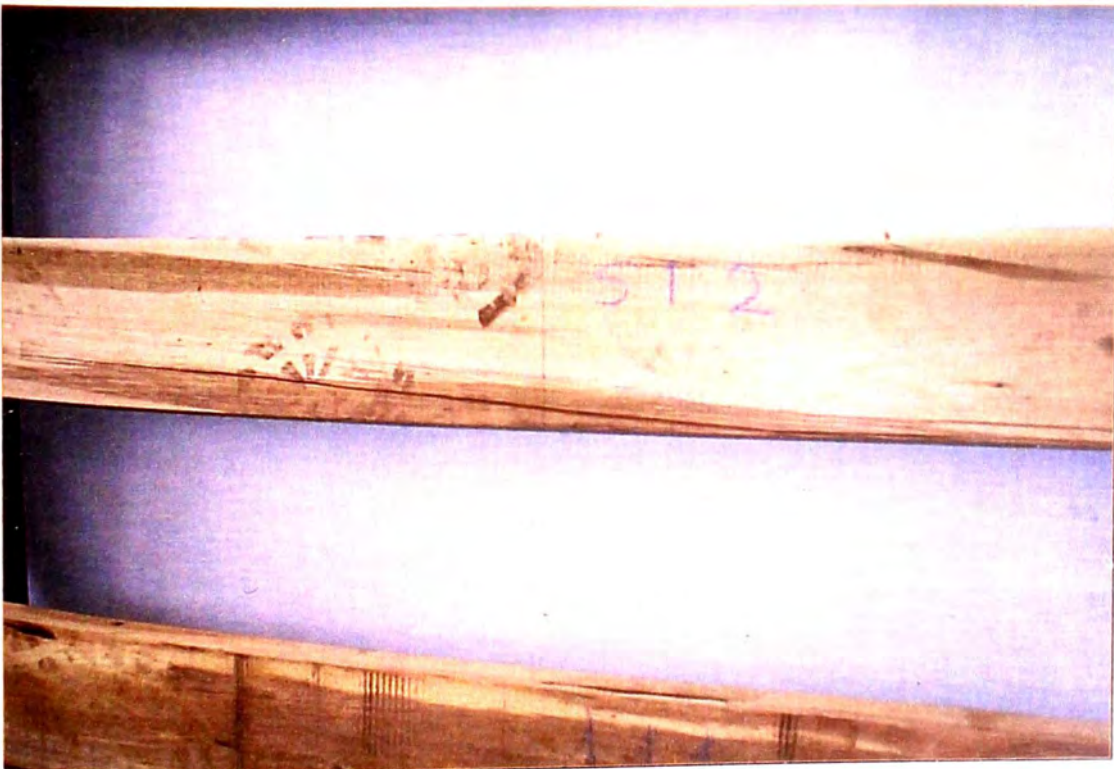
*Viga 16 sometida a ensayo de flexión.*



*Panel con tres vigas ensayadas: 01, 35 y 36*



*Panel con cuatros vigas ensayadas: 09, 20, y otras dos no clasificadas.*



*Viga 36: Defectos visibles luego de los ensayos  
(Fallas por tracción / compresión)*



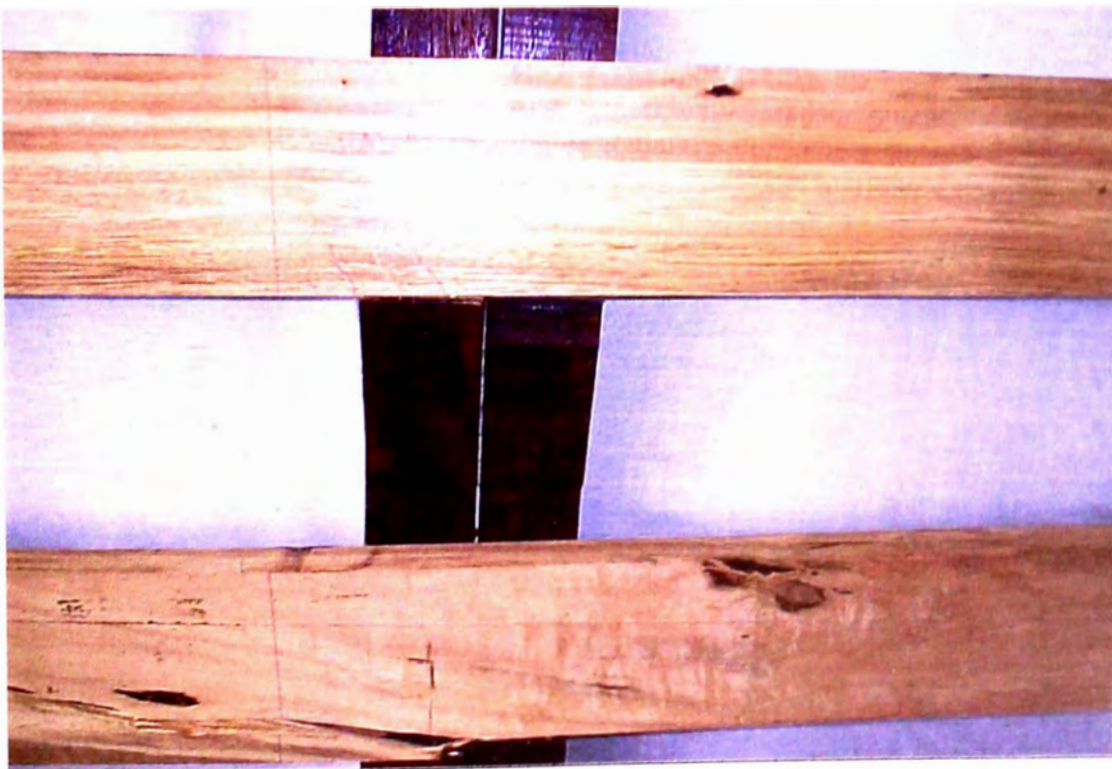
*Viga 06: Las fallas más comunes fueron las de compresión.*



*Efecto del aplastamiento en un punto de carga*



*Exceso de extractivos, tipo de defecto encontrado en algunas vigas de E. Saligna.*



*Viga 22 y otra no clasificada: 15 y 18 años respectivamente*



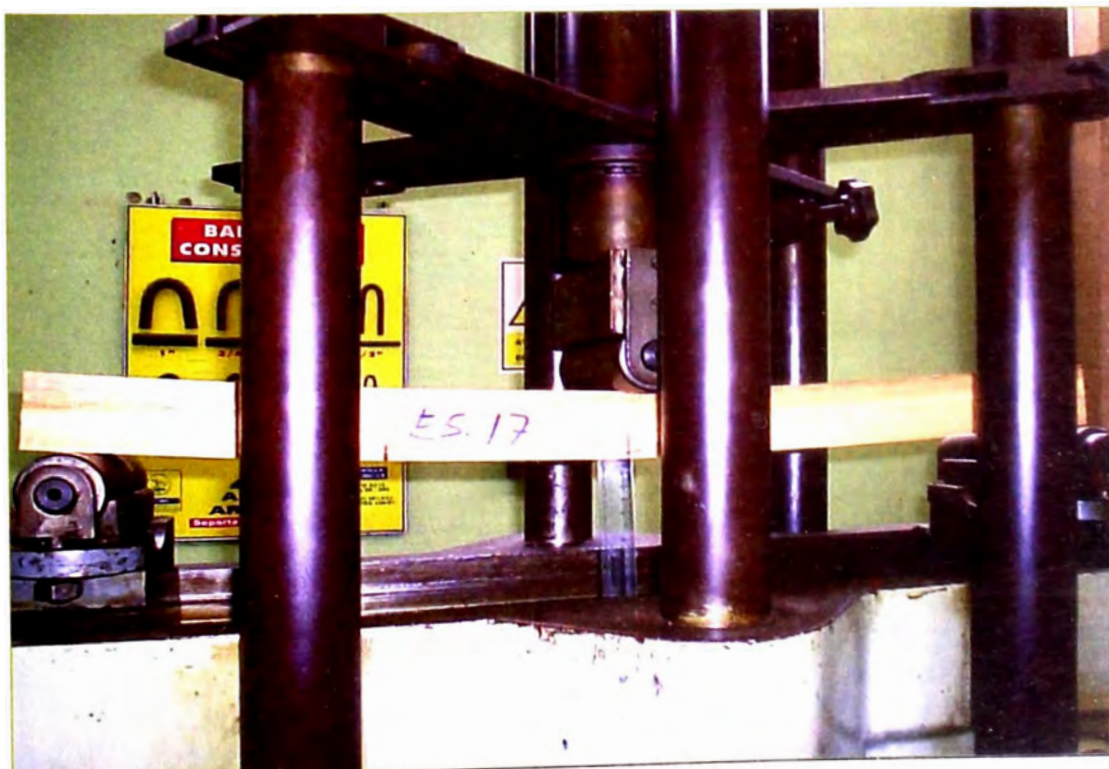
*Viga no clasificada: Nótese el tipo de falla que acompaña a la zona del nudo.*



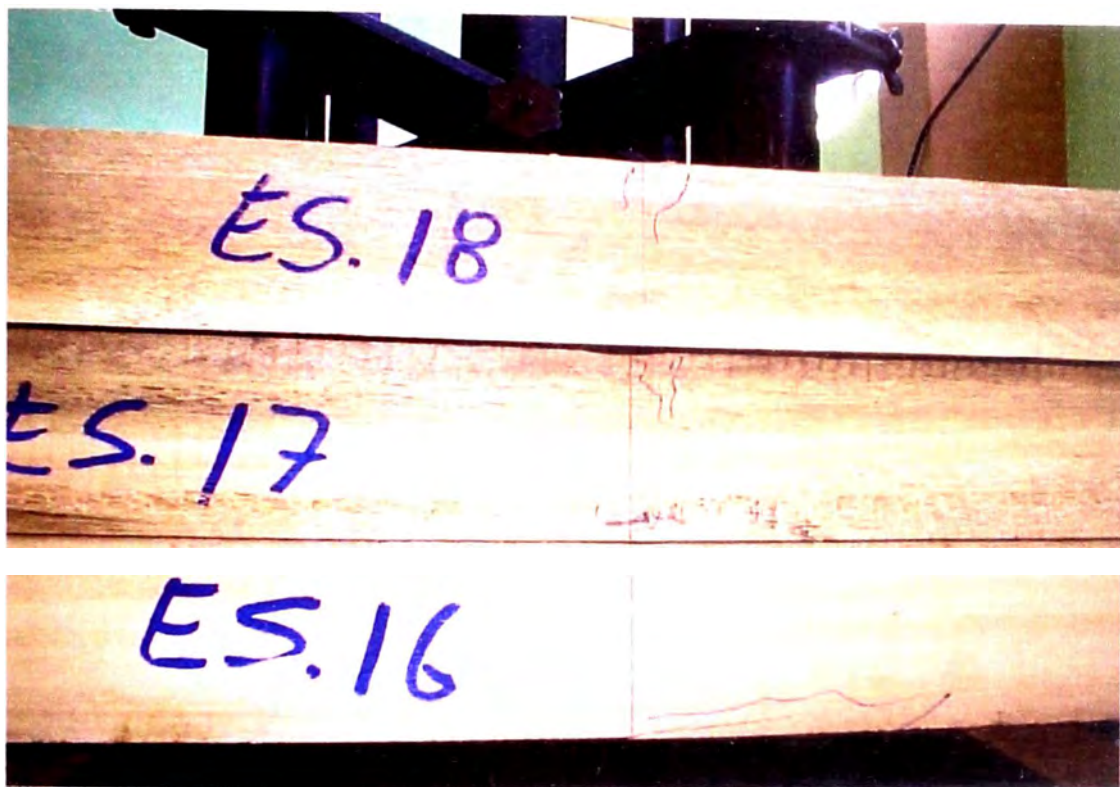
*Viga no clasificada: Las huellas de las fallas por compresión eran casi imperceptibles después de los ensayos.*



*Ingenieros Gaby Esparza y Hernán Arboccó, asesores del proyecto.*



*Ensayos a probetas de 5x5 cm de sección transversal y 70 cm de luz.*



*Probetas ensayadas, en este caso predomina la falla por tracción.*



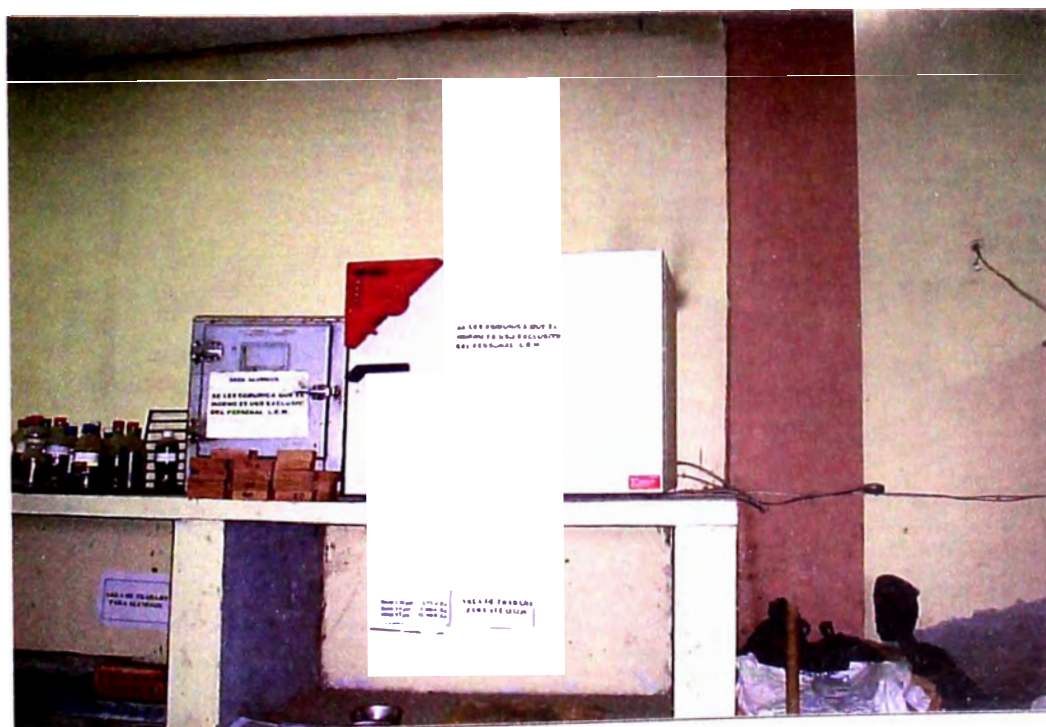
*Equipo empleado para los ensayos sobre probetas.  
Toma de datos previa y durante cada ensayo.*

*"Estudio de la madera Eucalipto Saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional"*





Fallas observadas en probetas de 2.5x2.5 de sección transversal y 35 cm de luz.



Muestras empleadas para obtener el Contenido de Humedad



*Saturando las muestras para la obtención de la Densidad Básica.*



*Lectura del  
volumen  
saturado para  
calcular la  
Densidad  
Básica.*

## **ANEXO B:**

# **REGISTROS DE LABORATORIO**

- **Anexo B.1: Gráficos y ajustes lineales para vigas.**
- **Anexo B.2: Gráficos y ajustes lineales para probetas.**

DIMENSIONES:

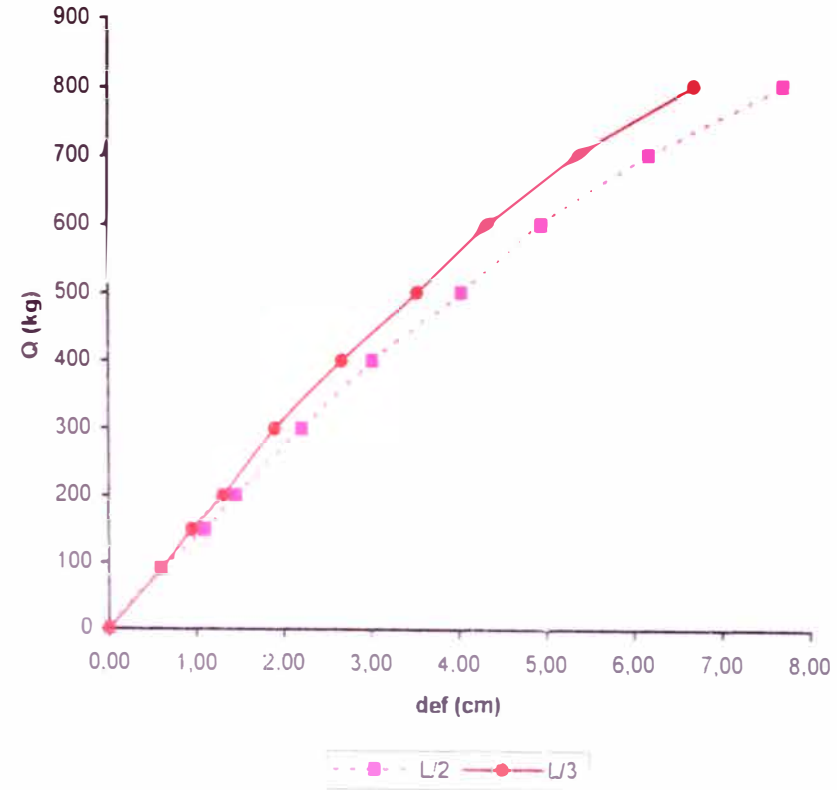
B = 4,00 cm  
H = 13,85 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	15,23	0,00	20,60
90	0,60	100,47	0,60	94,25
150	0,95	150,20	1,10	155,63
200	1,30	199,92	1,45	198,59
300	1,90	285,17	2,20	290,66
400	2,65	391,72	3,00	388,86
500	3,50	512,48	4,00	511,61
600	4,30	626,14	4,90	622,09
700	5,30	768,21	6,10	769,40
800	6,60	952,90	7,60	953,53
900	--	--	--	--

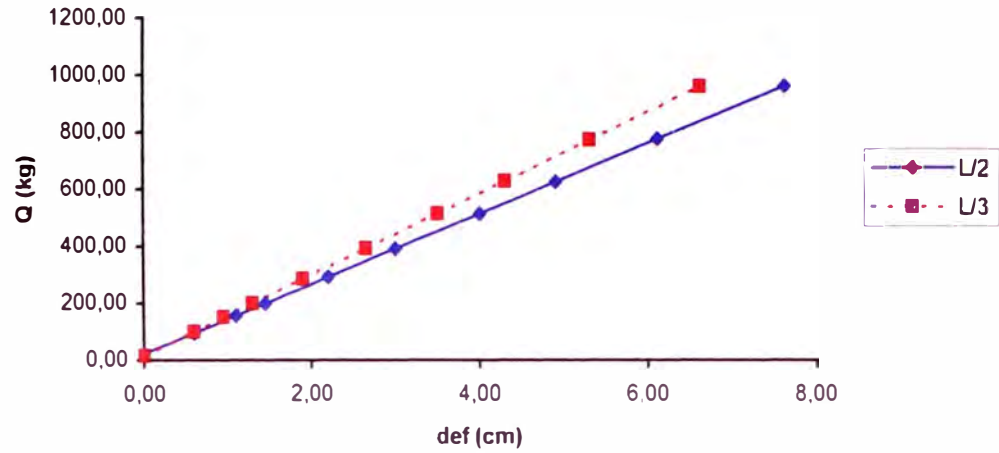
$\delta p / \delta w (L/3) = 142,07$        $\delta p / \delta w (L/2) = 122,75$

$b (L/3) = 15,23$        $b (L/2) = 20,60$

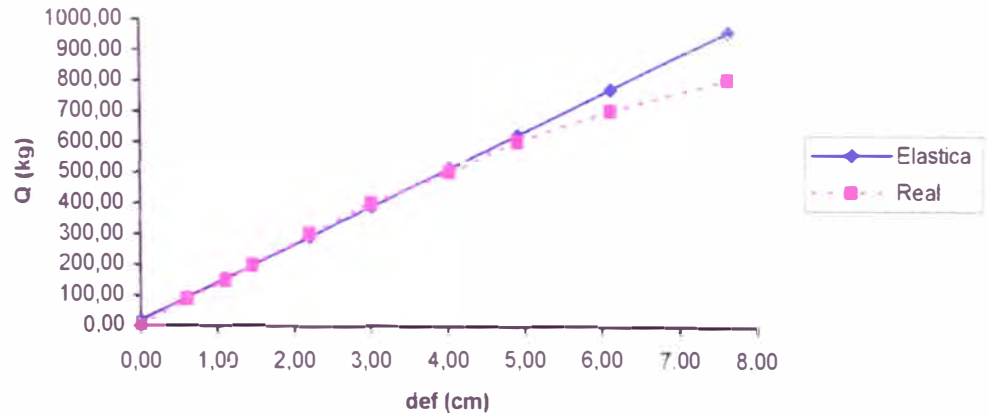
VIGA 01: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 01: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 01: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L3) = 142,07 \times def + 15,2$$

$$Q (L2) = 122,75 \times def + 20,60$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L3) = 0,9977$$

$$r (L2) = 0,9984$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 945,14 \times \Delta \text{ def} + 35,40$$

Con un coeficiente de correlación:

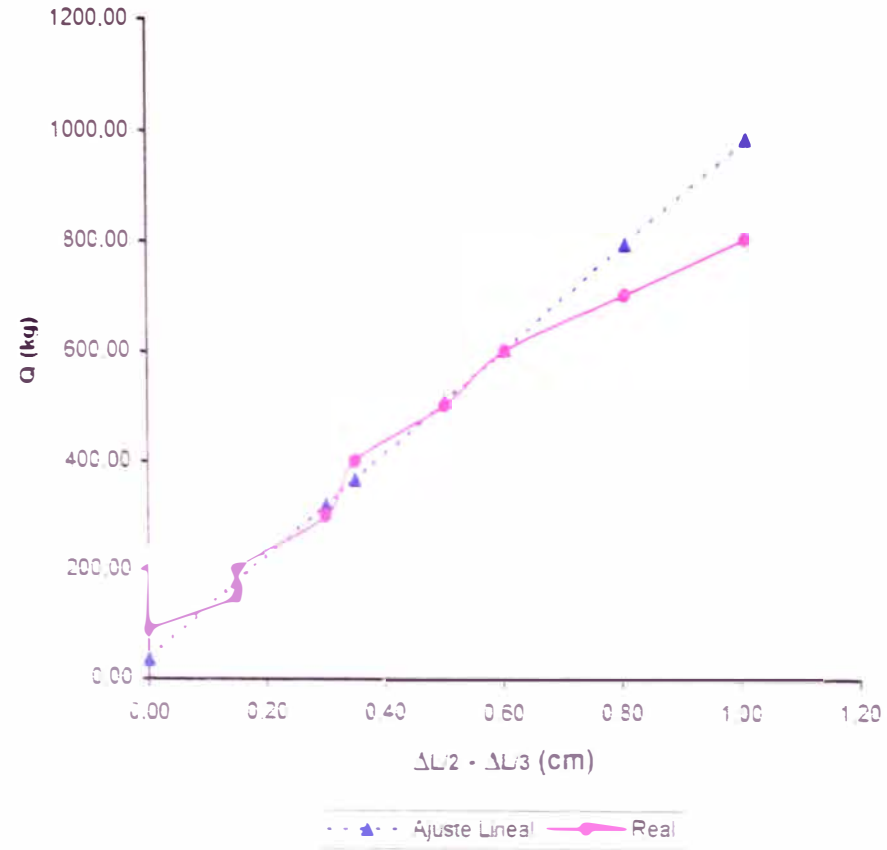
$$r = 0.9907$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0.00	35.40
90	0.00	35.40
150	0.15	177.17
200	0.15	177.17
300	0.30	318.94
400	0.35	366.20
500	0.50	507.97
600	0.60	602.48
700	0.80	791.51
800	1.00	980.54
900	--	--

$$a(Q, \Delta) = 945,14$$

$$b(\Delta) = 35,40$$

**VIGA 01: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
 VIGA 02**

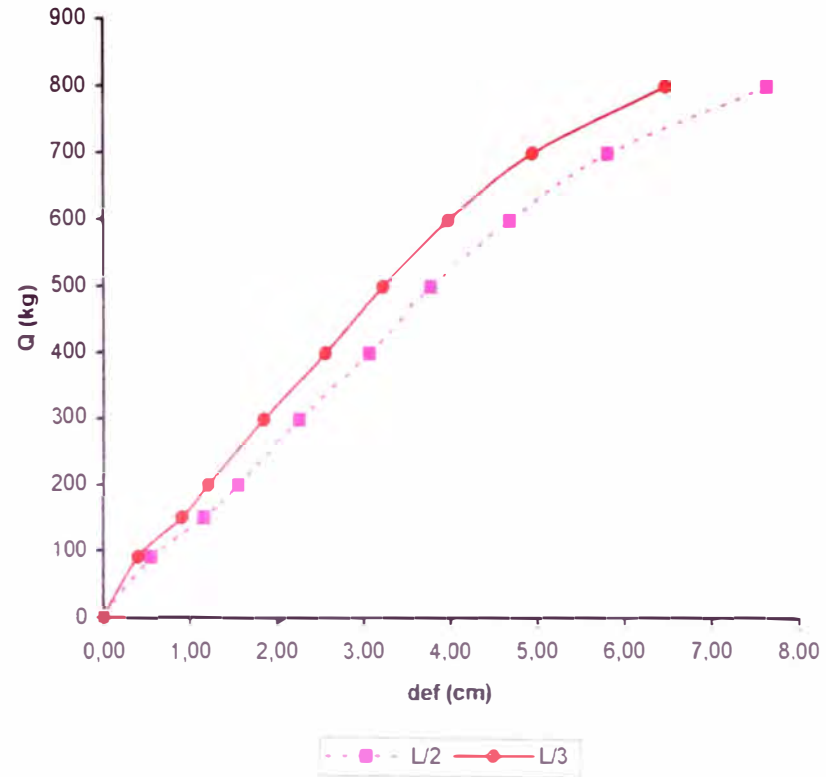
DIMENSIONES:

B = 4,05 cm  
 H = 13,90 cm  
 L = 300,00 cm

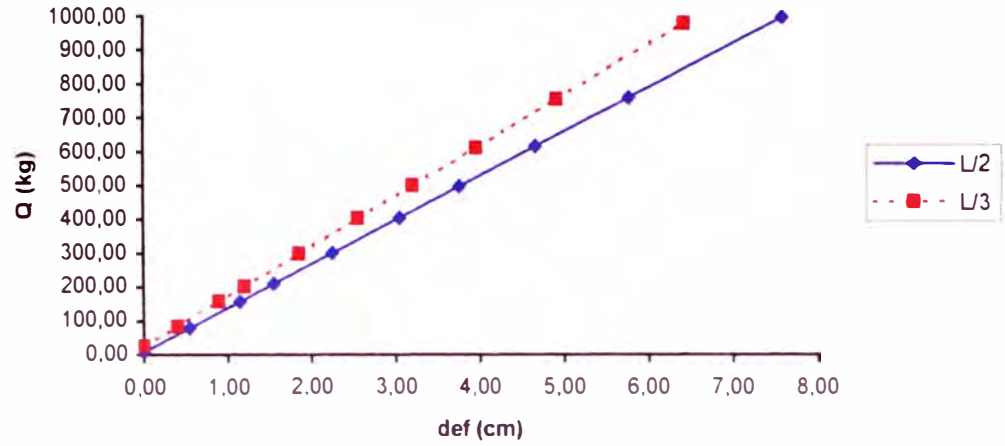
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	24,00	0,00	7,17
90	0,40	83,23	0,55	78,58
150	0,90	157,28	1,15	156,48
200	1,20	201,70	1,55	208,41
300	1,85	297,96	2,25	299,30
400	2,55	401,62	3,05	403,16
500	3,20	497,88	3,75	494,05
600	3,95	608,94	4,65	610,90
700	4,90	749,62	5,75	753,72
800	6,40	971,75	7,55	987,42
900	--	--	--	--

$\delta p / \delta w (L/3) = 148,09$        $\delta p / \delta w (L/2) = 129,83$   
 $b (L/3) = 24,00$                        $b (L/2) = 7,17$

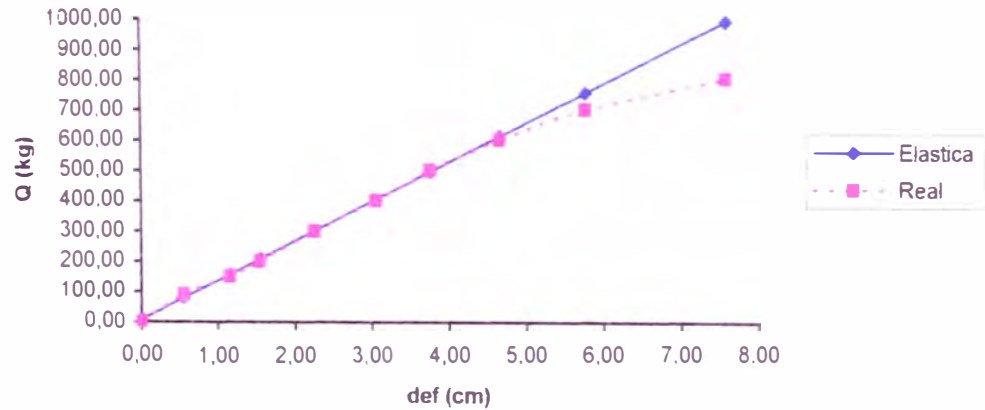
**VIGA 02: Deflexiones observadas  
 (Q vs. def)**



VIGA 02: Ajuste de rectas al estado elástico  
 (Q vs. def)



VIGA 02: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
 Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 148,09 \times \text{def} + 24,0$$

$$Q (L/2) = 129,83 \times \text{def} + 7,17$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9995$$

$$r (L/2) = 0,9988$$



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 941,78 \times \Delta \text{ def} + -73,90$$

Con un coeficiente de correlación:

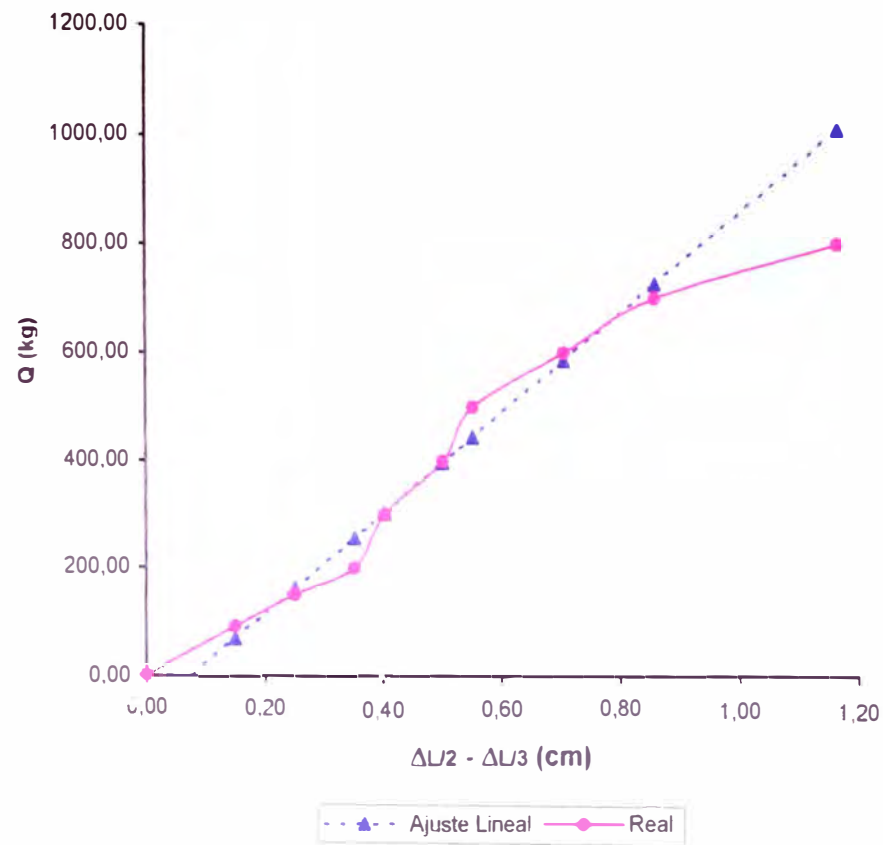
$$r = 0,9884$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-73,90
90	0,15	67,37
150	0,25	161,55
200	0,35	255,72
300	0,40	302,81
400	0,50	396,99
500	0,55	444,08
600	0,70	585,35
700	0,85	726,62
800	1,15	1009,15
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 941,78$$

$$b (\Delta) = -73,90$$

**VIGA 02: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
 VIGA 03**

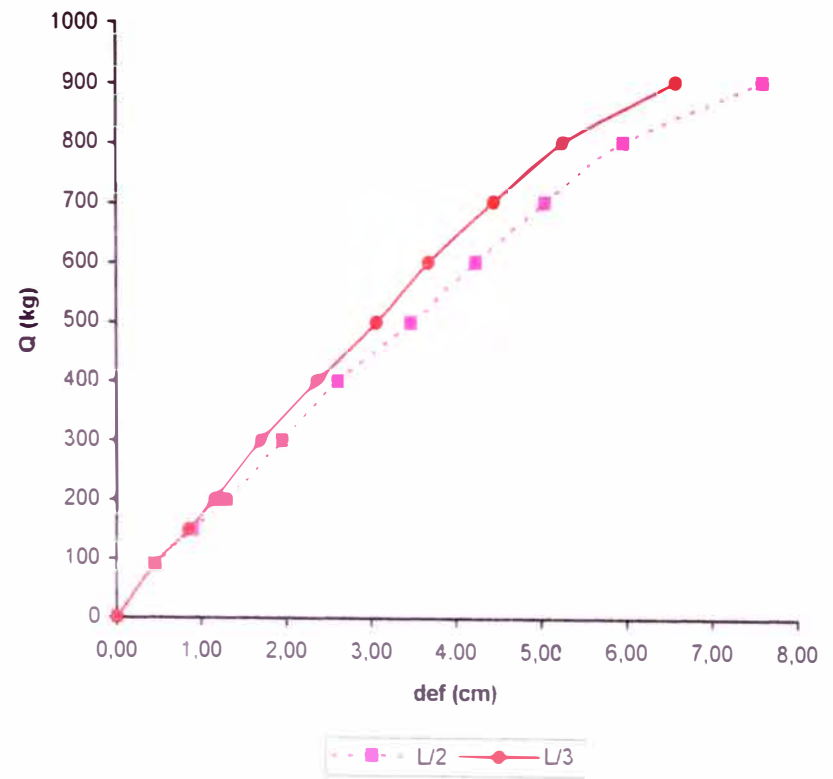
DIMENSIONES:

B = 4,05 cm  
 H = 14,05 cm  
 L = 300,00 cm

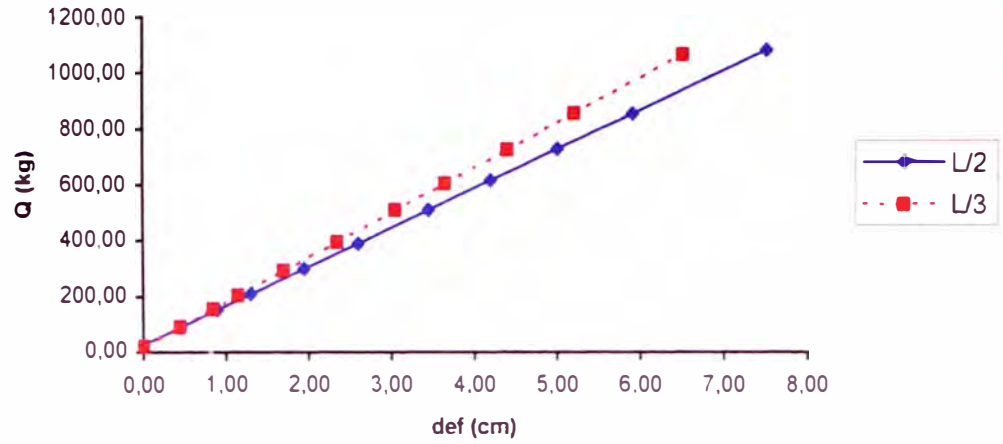
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	18,40	0,00	25,50
90	0,45	90,47	0,45	88,33
150	0,85	154,53	0,90	151,15
200	1,15	202,58	1,30	207,00
300	1,70	290,66	1,95	297,75
400	2,35	394,76	2,60	388,49
500	3,05	506,87	3,45	507,16
600	3,65	602,96	4,20	611,87
700	4,40	723,08	5,00	723,56
800	5,20	851,20	5,90	849,22
900	6,50	1059,40	7,50	1072,60

$\delta p / \delta w (L/3) = 160,15$        $\delta p / \delta w (L/2) = 139,61$   
 $b (L/3) = 18,40$                        $b (L/2) = 25,50$

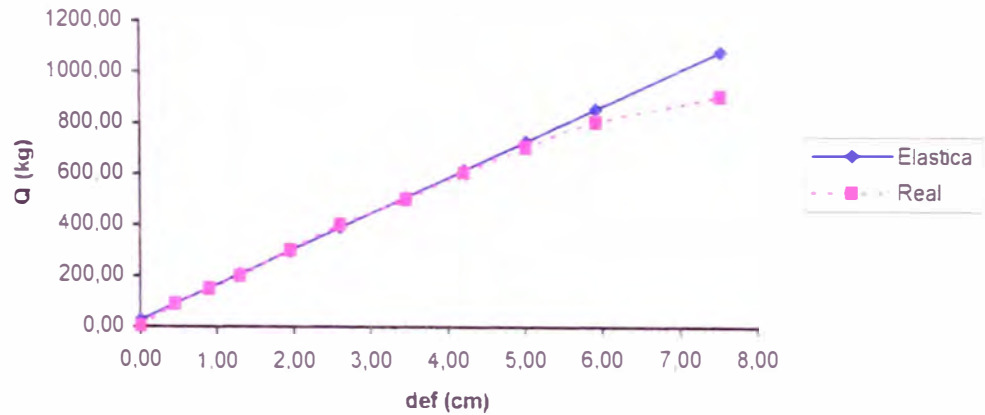
**VIGA 03: Deflexiones observadas  
 (Q vs. def)**



**VIGA 03: Ajuste de rectas al estado elástico  
 (Q vs. def)**



**VIGA 03: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
 Ajuste Lineal**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L/3) = 160,15 \times \text{def} + 18,4$$

$$Q (L/2) = 139,61 \times \text{def} + 25,50$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9992$$

$$r (L/2) = 0,9990$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 1032,31 \times \Delta \text{ def} + 84,00$$

Con un coeficiente de correlación:

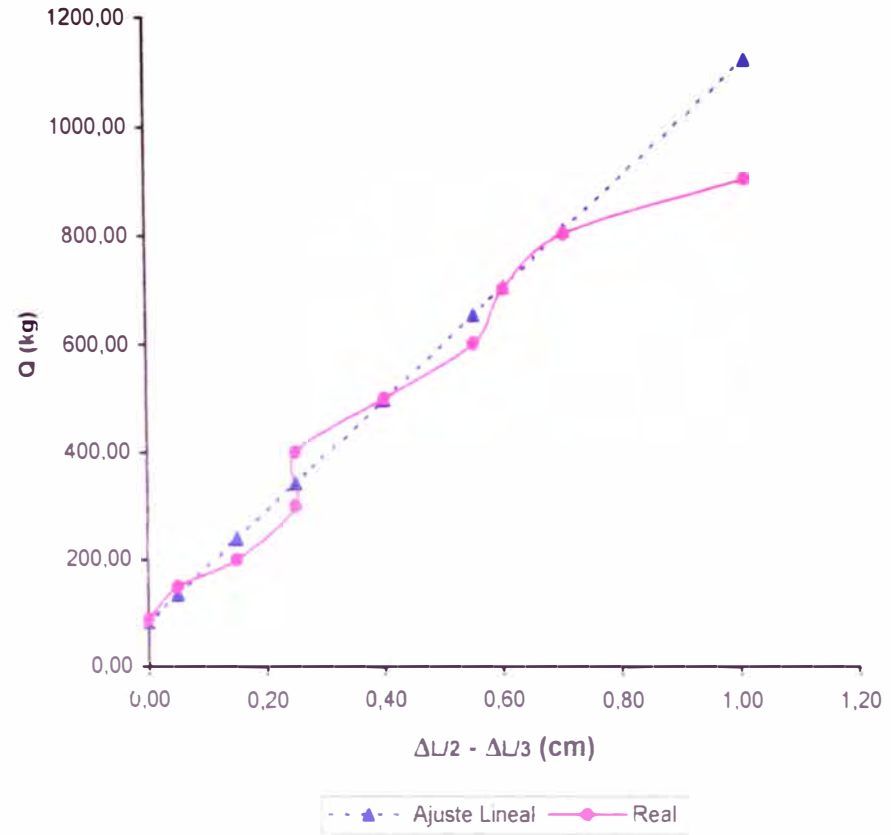
$$r = 0,9714$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	84,00
90	0,00	84,00
150	0,05	135,62
200	0,15	238,85
300	0,25	342,08
400	0,25	342,08
500	0,40	496,92
600	0,55	651,77
700	0,60	703,38
800	0,70	806,62
900	1,00	1116,31

$$\delta(Q/\Delta) = 1032,31$$

$$b(\Delta) = 84,00$$

**VIGA 03: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 04**

DIMENSIONES:

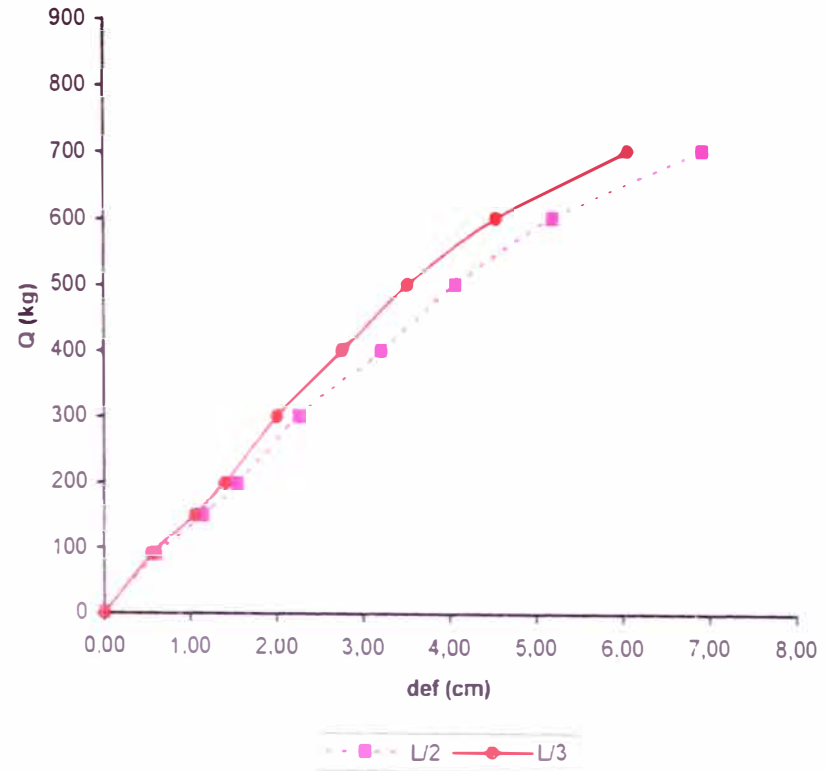
B = 4,00 cm  
H = 14,05 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	7,66	0,00	17,30
90	0,55	85,59	0,60	89,29
150	1,05	156,43	1,15	155,28
200	1,40	206,02	1,55	203,27
300	2,00	291,04	2,25	287,26
400	2,75	397,30	3,20	401,24
500	3,50	503,57	4,05	503,22
600	4,50	645,26	5,15	635,20
700	6,00	857,79	6,85	839,17
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

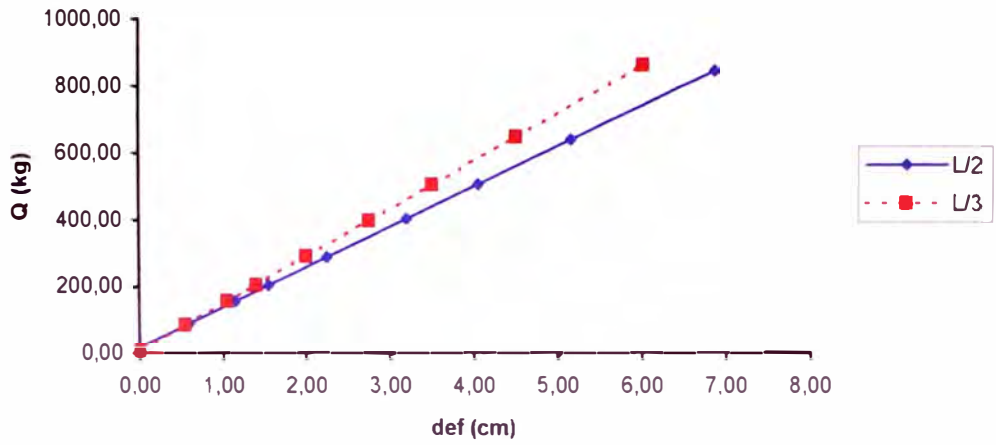
$\delta p / \delta w (L/3) = 141,69$        $\delta p / \delta w (L/2) = 119,98$

b (L/3) = 7,66      b (L/2) = 17,30

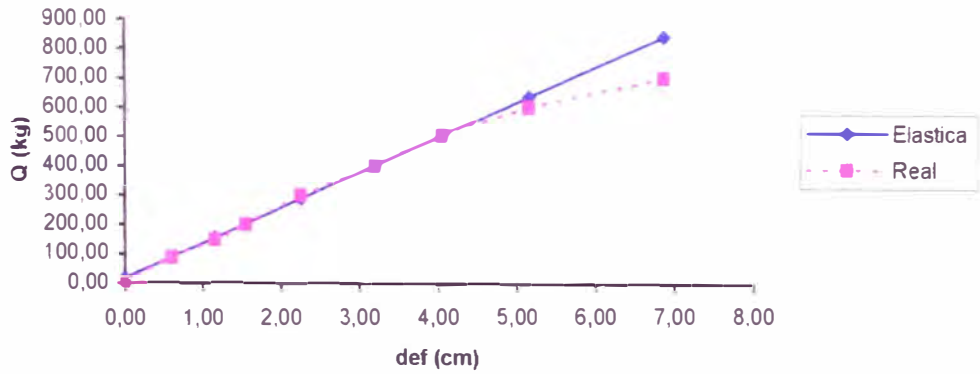
**VIGA 04: Deflexiones observadas  
(Q vs. def)**



VIGA 04: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 04: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 141,69 \times \text{def} + 7,7$$

$$Q (L/2) = 119,98 \times \text{def} + 17,30$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9992$$

$$r (L/2) = 0,9991$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 795,93 \times \Delta \text{ def} + 69,85$$

Con un coeficiente de correlación:

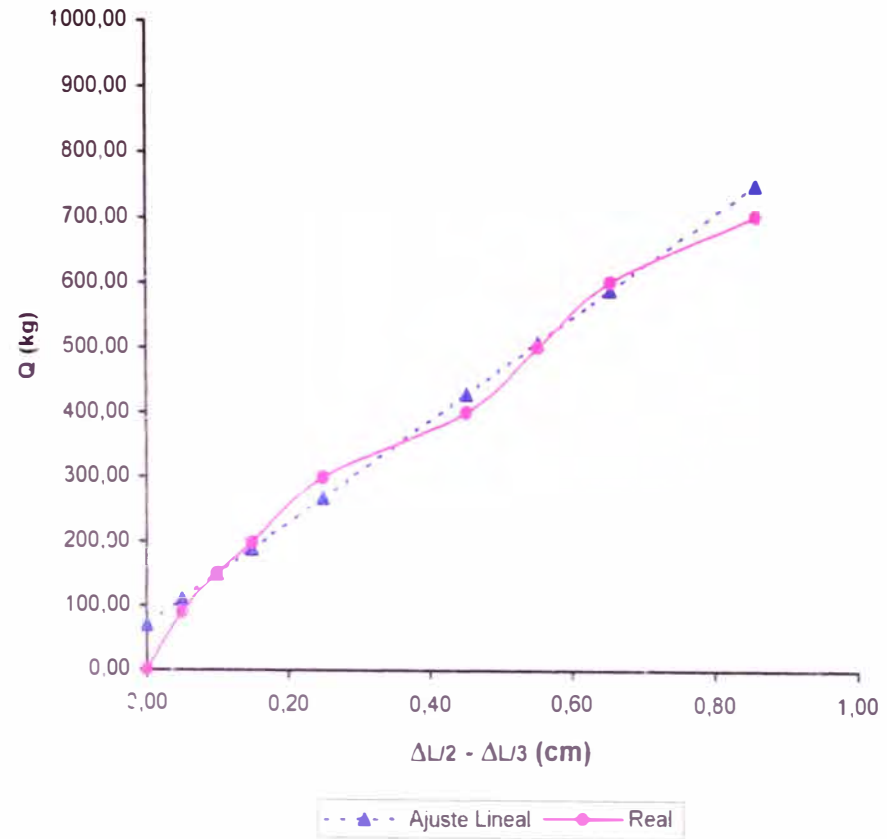
$$r = 0,9942$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	69,85
90	0,05	109,65
150	0,10	149,44
200	0,15	189,24
300	0,25	268,83
400	0,45	428,02
500	0,55	507,61
600	0,65	587,21
700	0,85	746,39
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 795,93$$

$$b (\Delta) = 69,85$$

**VIGA 04: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 05

DIMENSIONES:

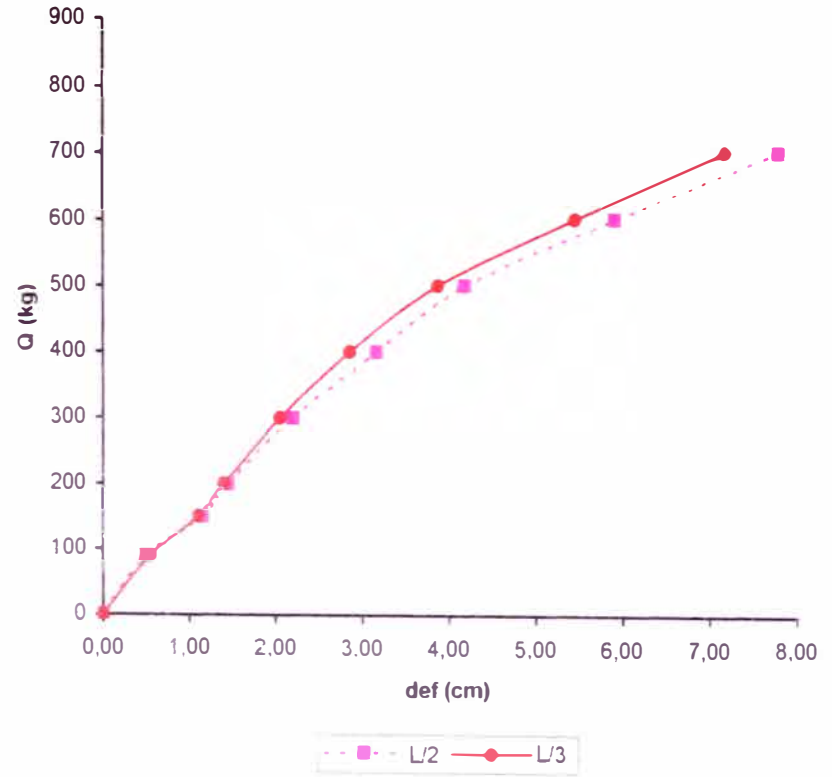
B = 4,00 cm  
 H = 14,00 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	21,50	0,00	31,70
90	0,55	91,92	0,50	89,23
150	1,10	162,34	1,15	164,01
200	1,40	200,75	1,45	198,53
300	2,05	283,97	2,20	284,82
400	2,85	386,40	3,15	394,12
500	3,85	514,44	4,15	509,18
600	5,40	712,89	5,85	704,77
700	7,10	930,55	7,70	917,62
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

$\delta p / \delta w (L/3) = 128,04$        $\delta p / \delta w (L/2) = 115,05$

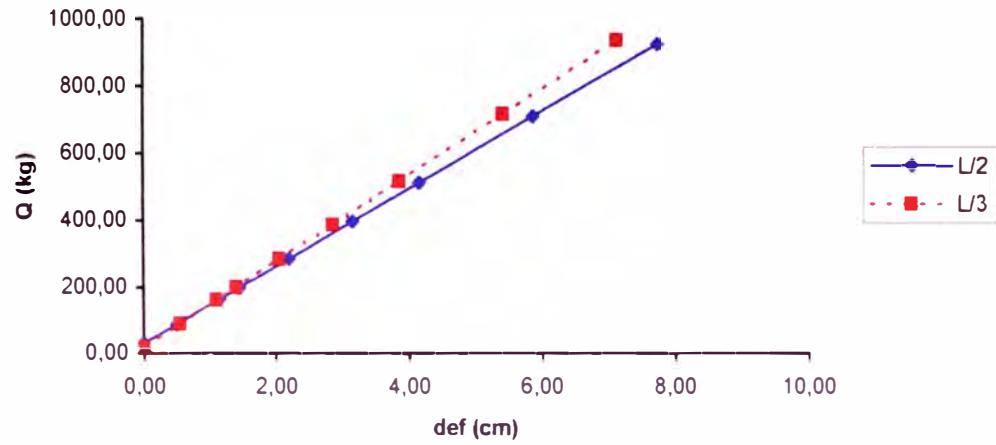
$b (L/3) = 21,50$        $b (L/2) = 31,70$

VIGA 05: Deflexiones observadas (Q vs. def)

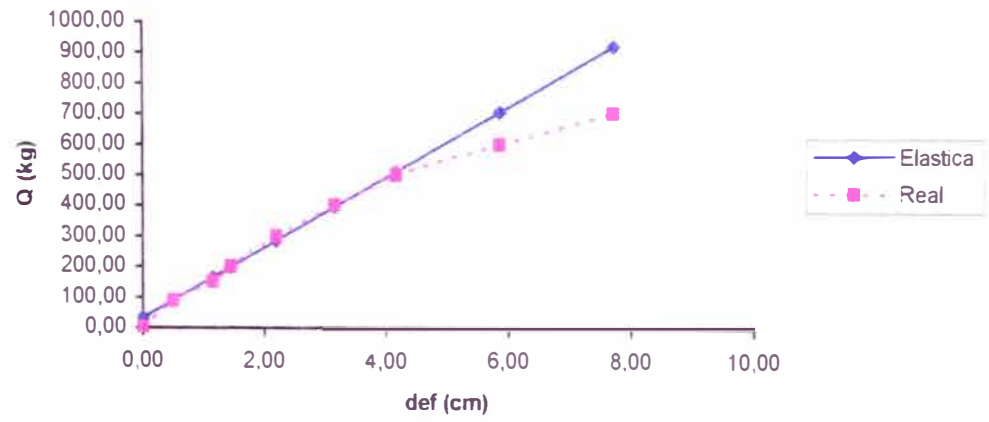




VIGA 05: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 05: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 128,04 \times \text{def} + 21,5$$

$$Q (L/2) = 115,05 \times \text{def} + 31,70$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9967$$

$$r (L/2) = 0,9978$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1095,24 \times \Delta \text{ def} + 123,80$$

Con un coeficiente de correlación:

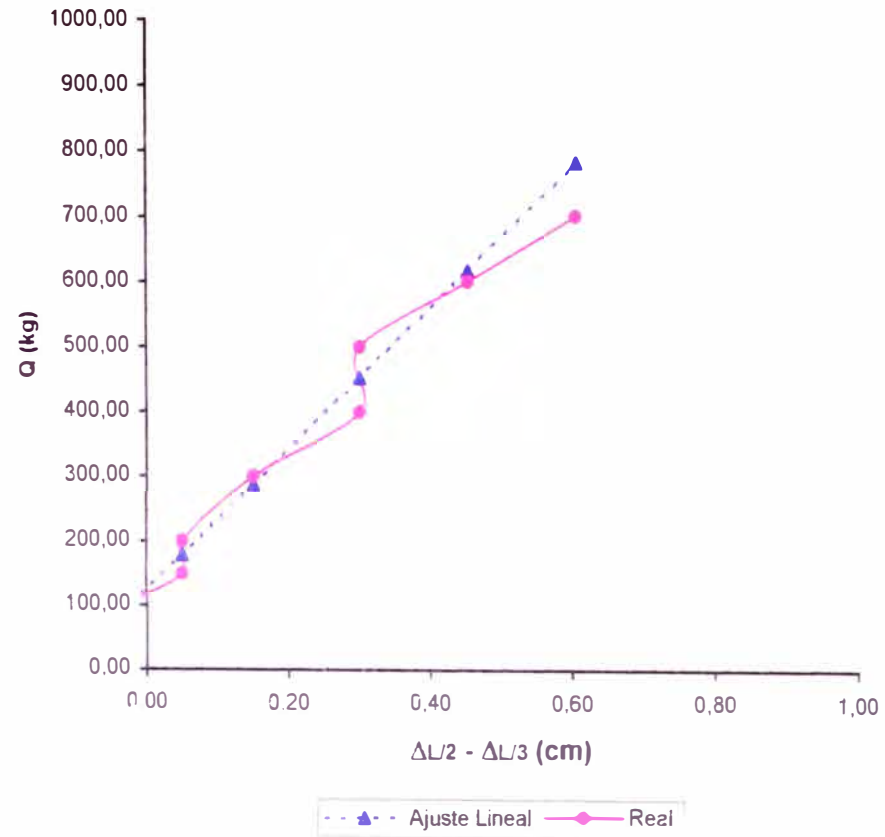
$$r = 0,9600$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	0,00
90	-0,05	69,04
150	0,05	178,56
200	0,05	178,56
300	0,15	288,09
400	0,30	452,37
500	0,30	452,37
600	0,45	616,66
700	0,60	780,94
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1095,24$$

$$b (\Delta) = 123,80$$

**VIGA 05: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**

**VIGA 06**

DIMENSIONES:

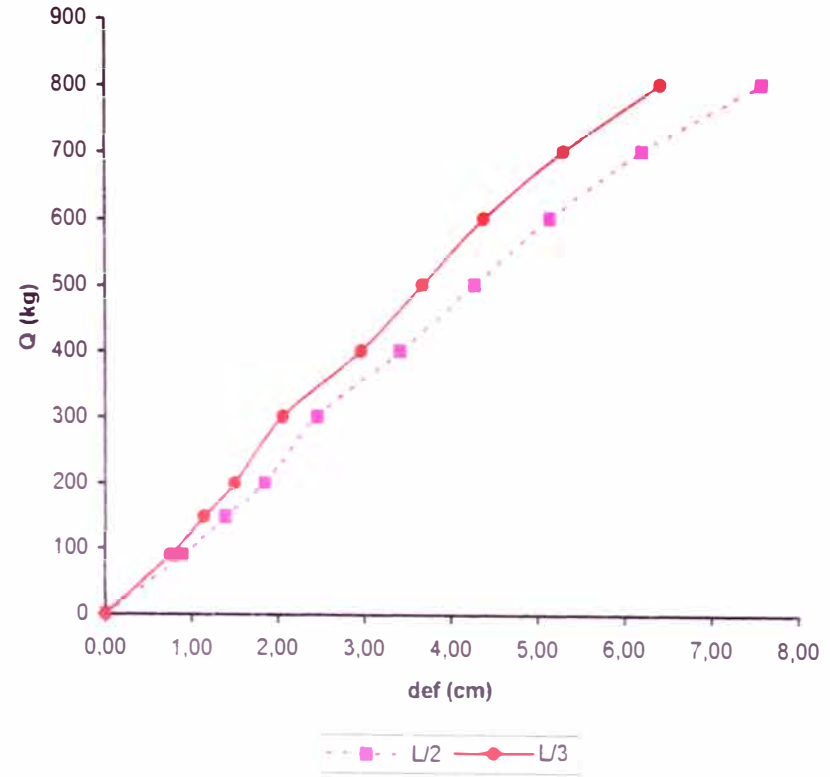
B = 4,10 cm  
H = 13,45 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-9,02	0,00	-20,30
90	0,75	96,42	0,90	90,99
150	1,15	152,66	1,40	152,82
200	1,50	201,87	1,85	208,46
300	2,05	279,19	2,45	282,66
400	2,95	405,72	3,40	400,13
500	3,65	504,14	4,25	505,24
600	4,35	602,55	5,10	610,34
700	5,25	729,08	6,15	740,18
800	6,35	883,73	7,50	907,12
900	--	--	--	--

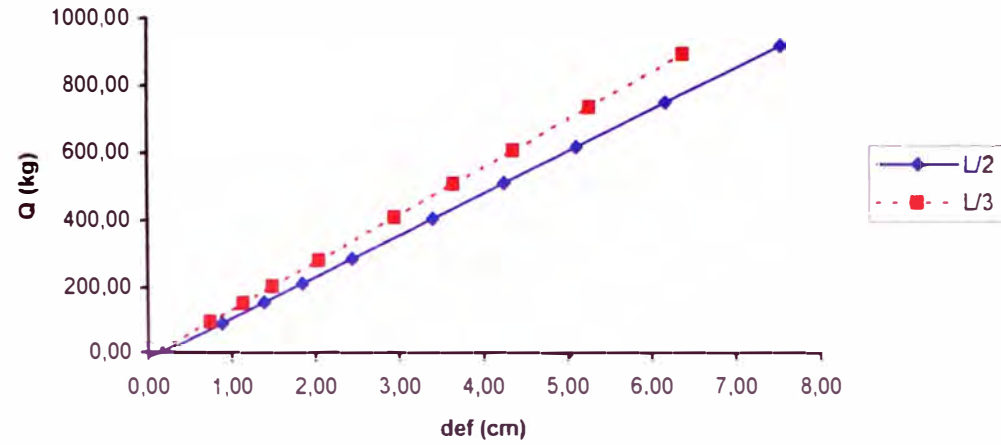
$\delta p / \delta w (L/3) = 140,59$        $\delta p / \delta w (L/2) = 123,66$

$b (L/3) = -9,02$        $b (L/2) = -20,30$

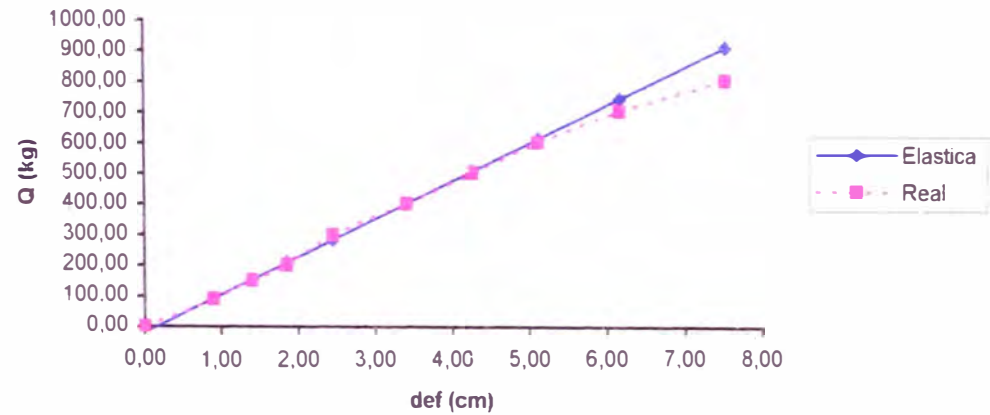
**VIGA 06: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



**VIGA 06: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 06: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L3) = 140,59 \times \text{def} + -9,02$$

$$Q (L2) = 123,66 \times \text{def} + -20,30$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L3) = 0,9978$$

$$r (L2) = 0,9983$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 910,60 \times \Delta \text{ def} + -63,70$$

Con un coeficiente de correlación:

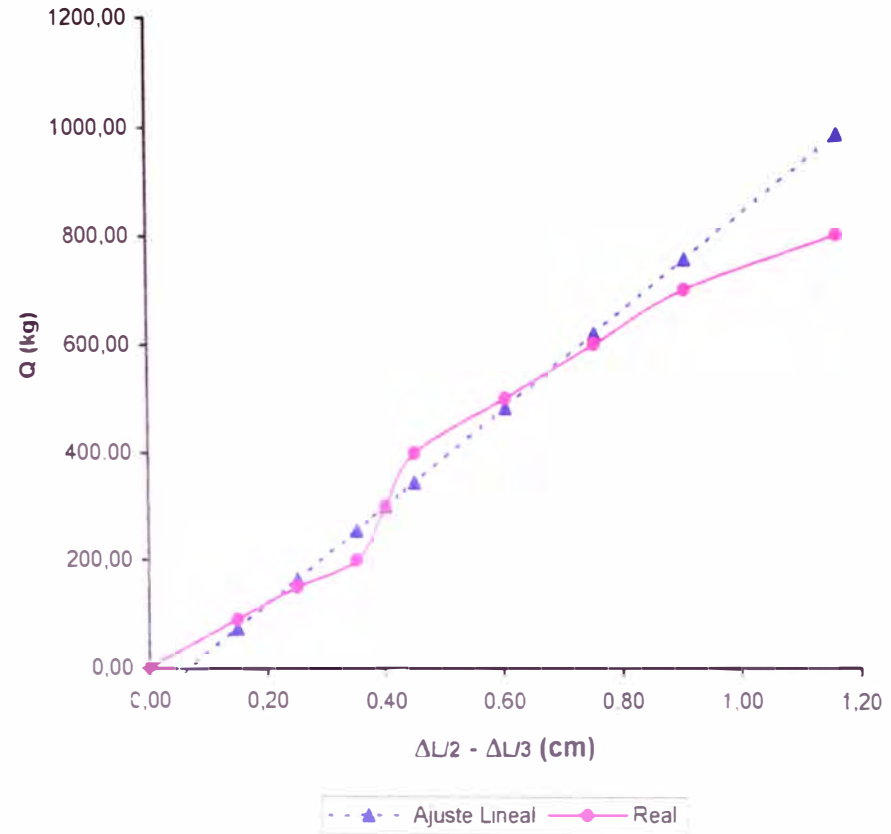
$$r = 0,9833$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-63,70
90	0,15	72,89
150	0,25	163,95
200	0,35	255,01
300	0,40	300,54
400	0,45	346,07
500	0,60	482,66
600	0,75	619,25
700	0,90	755,84
800	1,15	983,49
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 910,60$$

$$b (\Delta) = -63,70$$

**VIGA 06: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**

**VIGA 07**

DIMENSIONES:

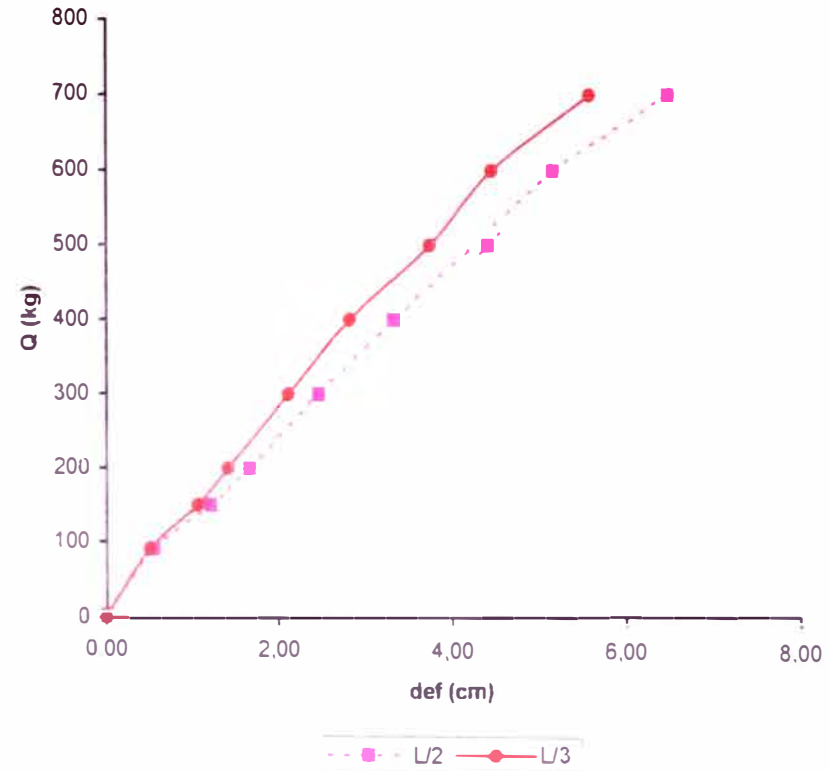
B = 3,95 cm  
H = 13,45 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	19,50	0,00	18,20
90	0,50	85,43	0,55	81,26
150	1,05	157,95	1,20	155,78
200	1,40	204,11	1,65	207,37
300	2,10	296,41	2,45	299,09
400	2,80	388,71	3,30	396,53
500	3,70	507,39	4,20	499,72
600	4,40	599,69	5,10	602,90
700	5,50	744,74	6,40	751,94
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

$\delta p / \delta w (L/3) = 131,86$        $\delta p / \delta w (L/2) = 114,65$

b (L/3) = 19,50      b (L/2) = 18,20

**VIGA 07: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L3) = 131,86 \times \text{def} + 19,50$$

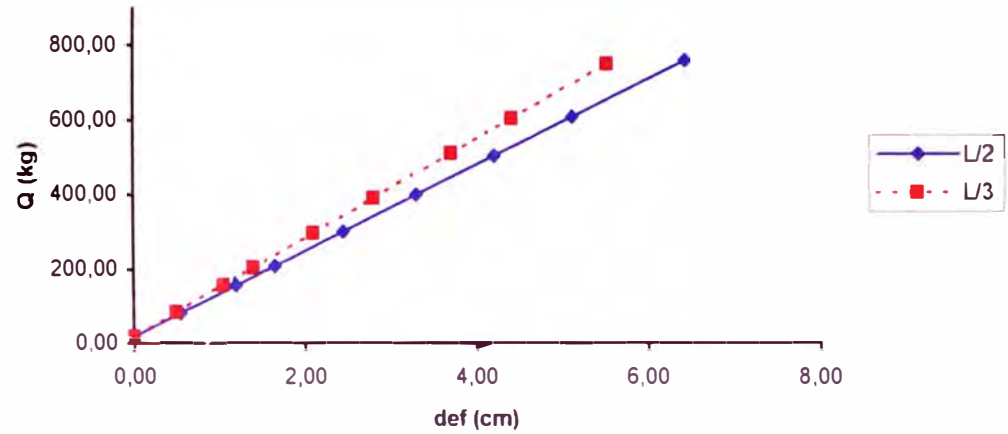
$$Q (L2) = 114,65 \times \text{def} + 18,20$$

**Con coeficientes de correlación:**

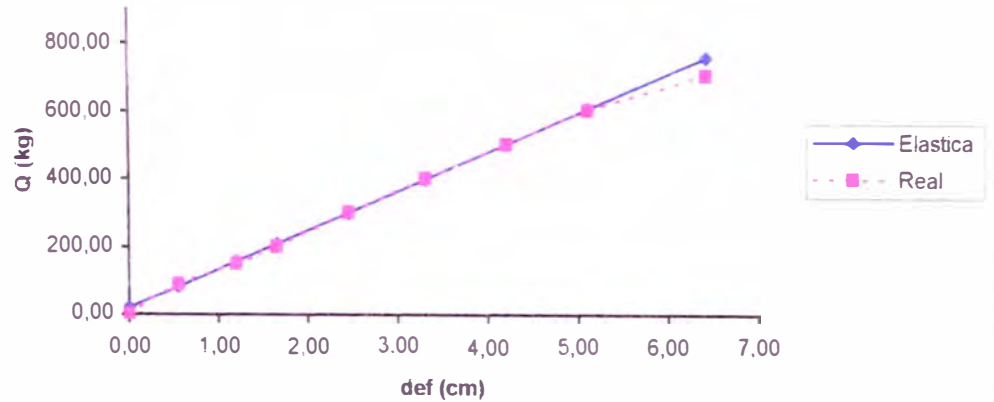
$$r (L3) = 0,9988$$

$$r (L2) = 0,9993$$

**VIGA 07: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 07: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE

$$Q (\Delta) = 894,74 \times \Delta \text{ def} + -3,15$$

Con un coeficiente de correlación:

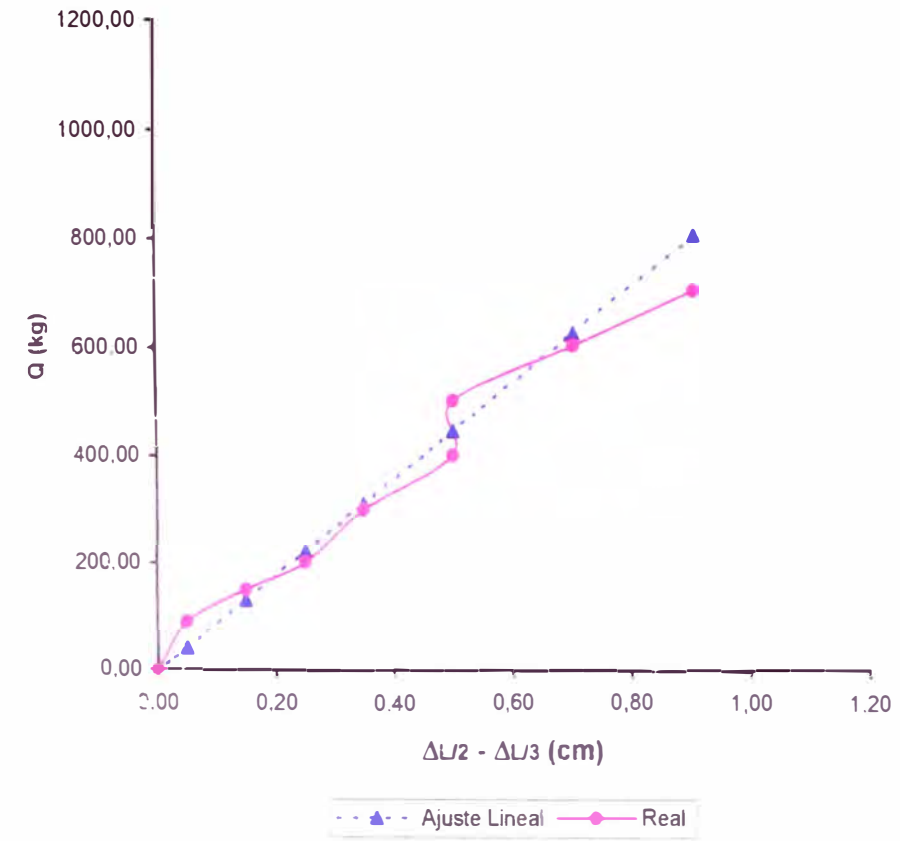
$$r = 0,9631$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-3,15
90	0,05	41,59
150	0,15	131,06
200	0,25	220,53
300	0,35	310,01
400	0,50	444,22
500	0,50	444,22
600	0,70	623,17
700	0,90	802,11
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 894,74$$

$$b (\Delta) = -3,15$$

**VIGA 07: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**





# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 08

DIMENSIONES:

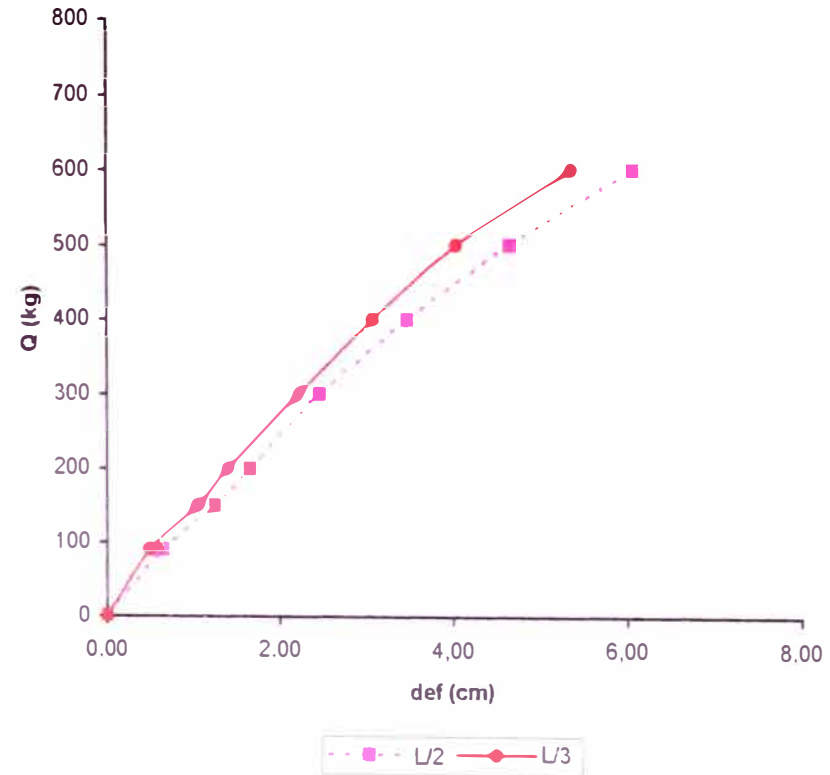
B = 4,00 cm  
 H = 13,45 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	31,60	0,00	25,40
90	0,50	91,02	0,65	94,19
150	1,05	156,39	1,25	157,70
200	1,40	197,99	1,65	200,03
300	2,20	293,06	2,45	284,70
400	3,05	394,09	3,45	390,54
500	4,00	506,99	4,60	512,25
600	5,30	661,49	6,00	660,42
700	--	--	--	--
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

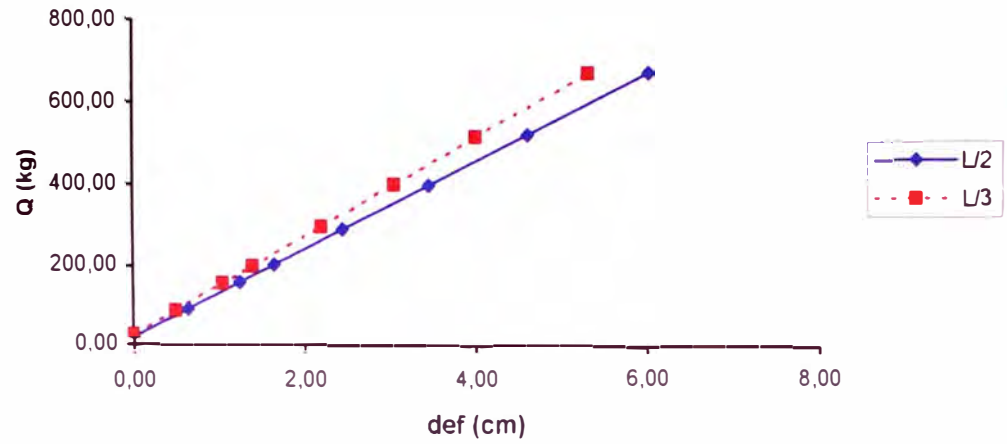
$\delta p / \delta w (L/3) = 118,85$        $\delta p / \delta w (L/2) = 105,84$

$b (L/3) = 31,60$                        $b (L/2) = 25,40$

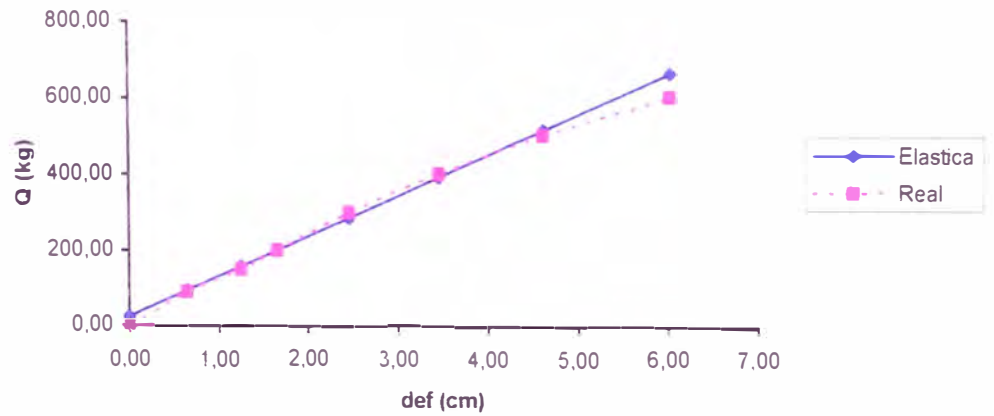
VIGA 08: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 08: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 08: Comparación de las dflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L3) = 118,85 \times \text{def} + 31,60$$

$$Q (L2) = 105,84 \times \text{def} + 25,40$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L3) = 0,9993$$

$$r (L2) = 0,9977$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 896,05 \times \Delta \text{ def} + -2,94$$

Con un coeficiente de correlación:

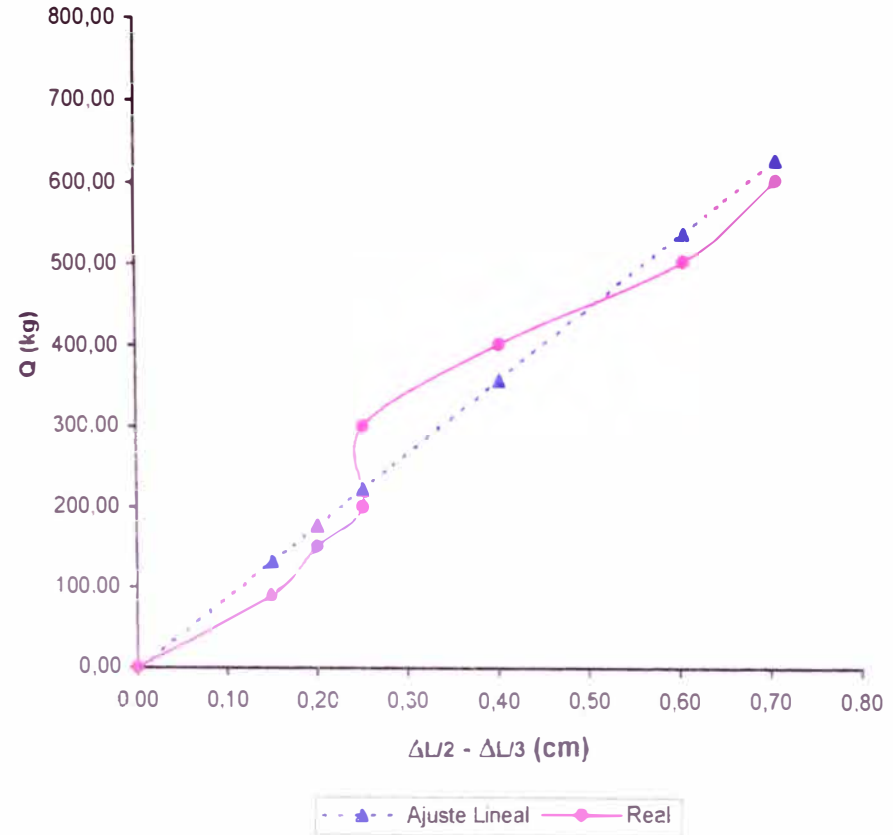
$$r = 0,9485$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-2,94
90	0,15	131,47
150	0,20	176,27
200	0,25	221,07
300	0,25	221,07
400	0,40	355,48
500	0,60	534,69
600	0,70	624,29
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 896,05$$

$$b (\Delta) = -2,94$$

**VIGA 08: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**

**VIGA 09**

DIMENSIONES:

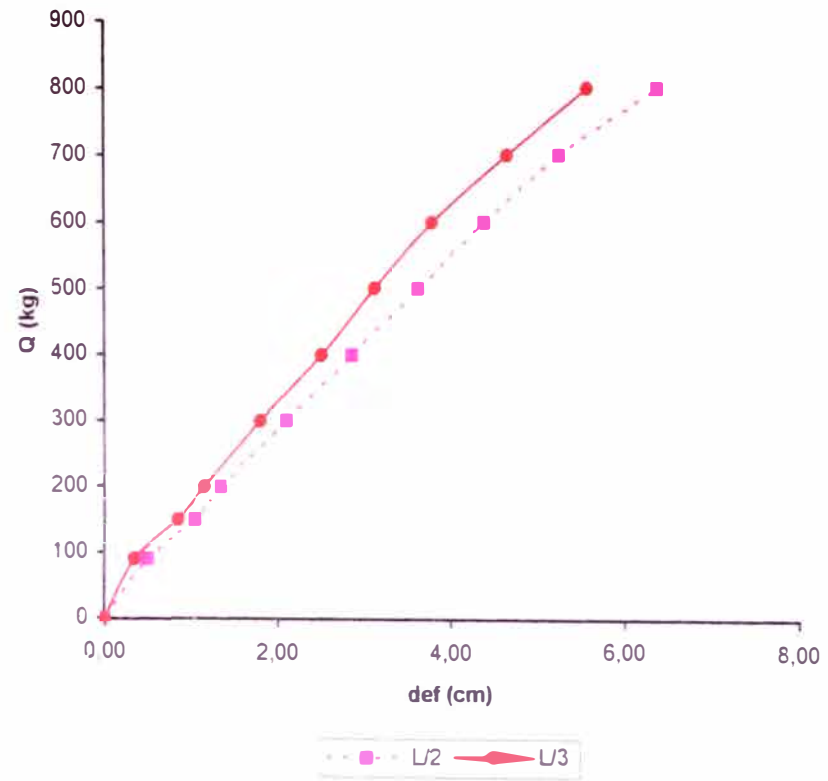
B = 4,00 cm  
 H = 14,05 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	29,40	0,00	17,80
90	0,35	81,93	0,50	84,75
150	0,85	156,97	1,05	158,40
200	1,15	201,99	1,35	198,57
300	1,80	299,55	2,10	299,00
400	2,50	404,60	2,85	399,43
500	3,10	494,65	3,60	499,85
600	3,75	592,20	4,35	600,28
700	4,60	719,77	5,20	714,10
800	5,50	854,84	6,30	861,39
900	--	--	--	--

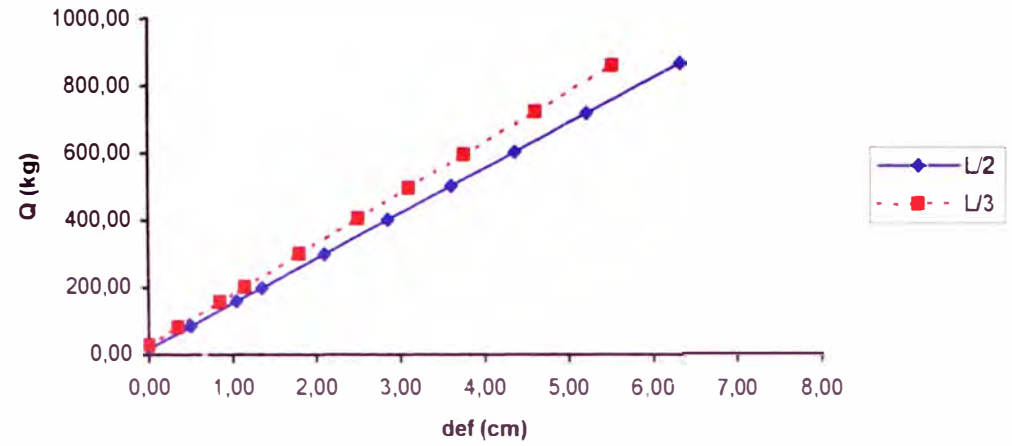
$\delta p / \delta w (L/3) = 150,08$        $\delta p / \delta w (L/2) = 133,90$

$b (L/3) = 29,40$        $b (L/2) = 17,80$

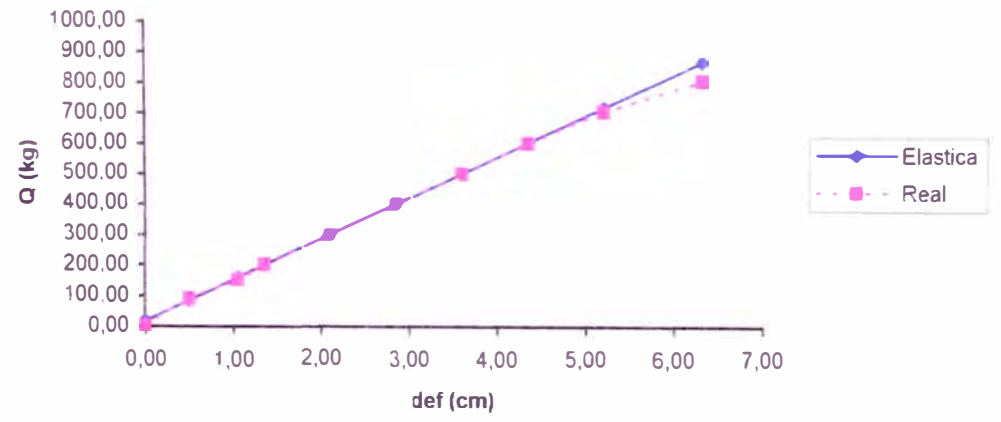
**VIGA 09: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



VIGA 09: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 09: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 150,08 \times \text{def} + 29,40$$

$$Q (L/2) = 133,90 \times \text{def} + 17,80$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9993$$

$$r (L/2) = 0,9996$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1186,00 \times \Delta \text{ def} + -62,70$$

Con un coeficiente de correlación:

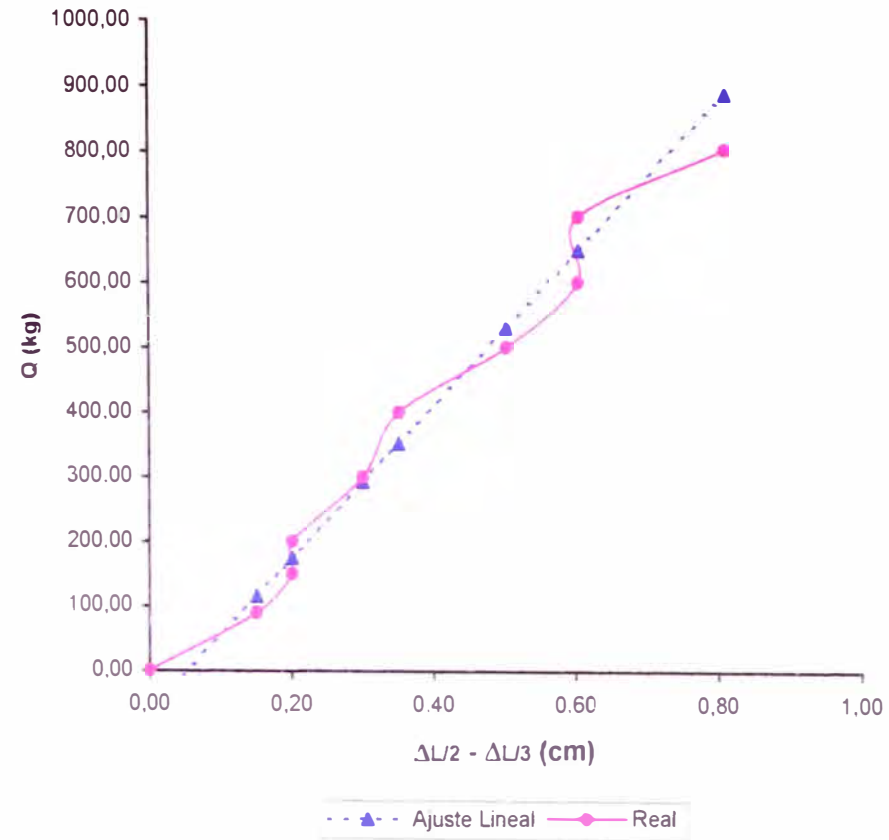
$$r = 0,9789$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-62,70
90	0,15	115,20
150	0,20	174,50
200	0,20	174,50
300	0,30	293,10
400	0,35	352,40
500	0,50	530,30
600	0,60	648,90
700	0,60	648,90
800	0,80	886,10
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1186,00$$

$$b (\Delta) = -62,70$$

### VIGA 09: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs. $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
 VIGA 10**

DIMENSIONES:

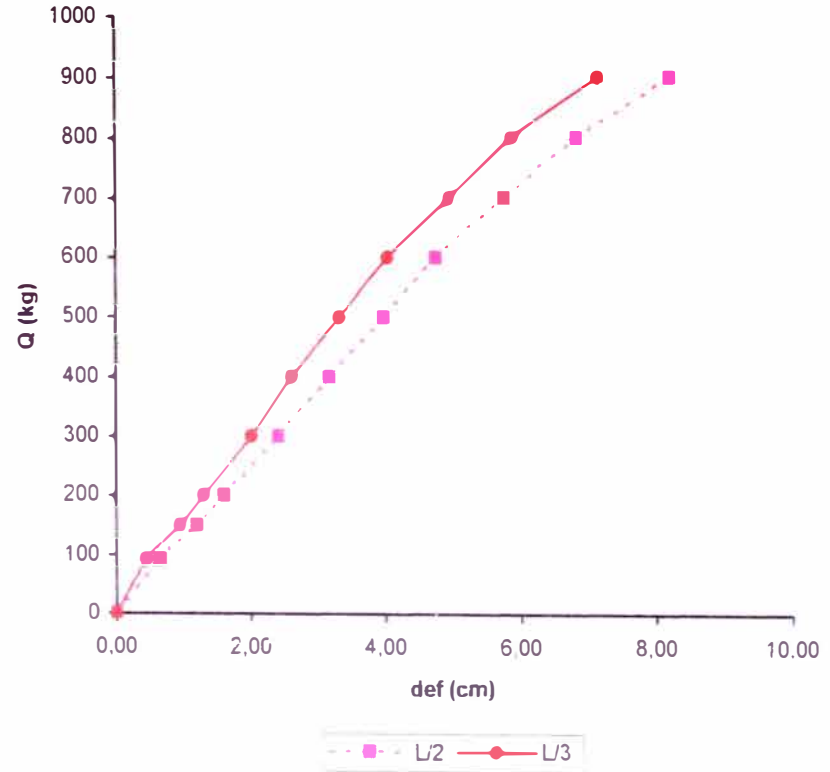
B = 4,05 cm  
 H = 14,15 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	15,10	0,00	2,37
90	0,45	80,86	0,65	83,97
150	0,95	153,93	1,20	153,02
200	1,30	205,08	1,60	203,24
300	2,00	307,38	2,40	303,67
400	2,60	395,06	3,15	397,82
500	3,30	497,36	3,95	498,26
600	4,00	599,65	4,70	592,41
700	4,90	731,18	5,70	717,95
800	5,80	862,70	6,75	849,77
900	7,05	1045,37	8,10	1019,25

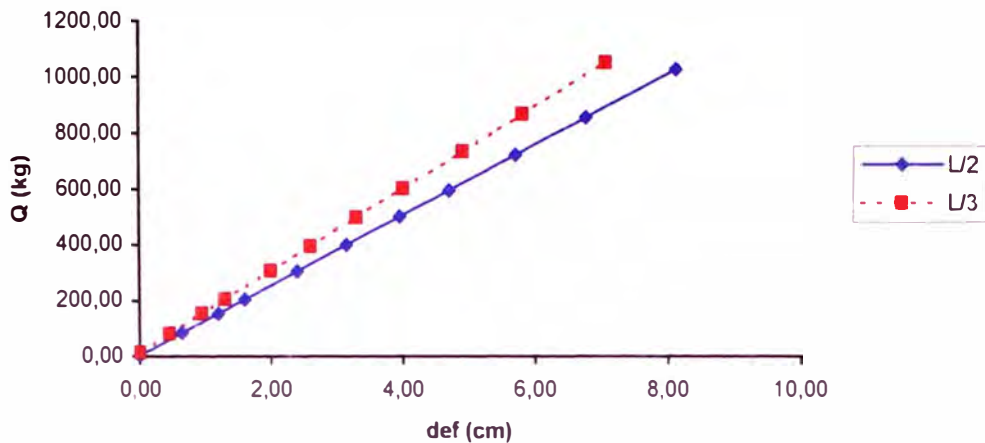
$\delta p / \delta w (L/3) = 146,14$        $\delta p / \delta w (L/2) = 125,54$

$b (L/3) = 15,10$        $b (L/2) = 2,37$

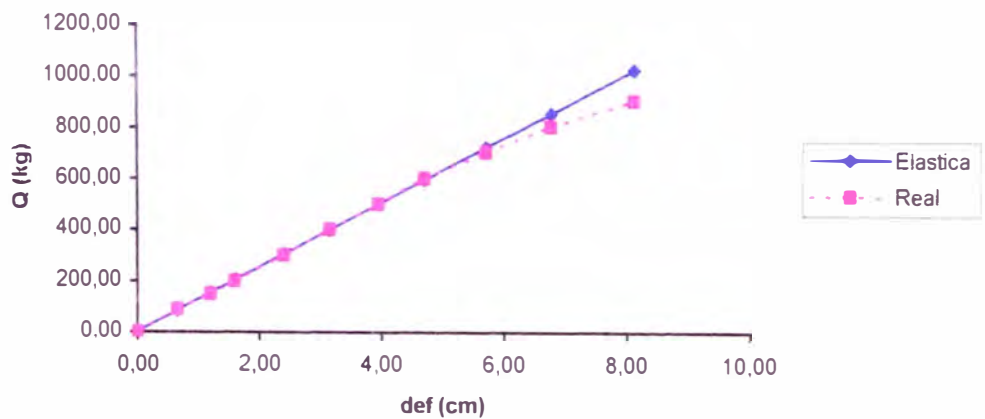
**VIGA 10: Deflexiones observadas  
 (Q vs. def)**



**VIGA 10: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)**



**VIGA 10: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L/3) = 146,14 \times \text{def} + 15,10$$

$$Q (L/2) = 125,54 \times \text{def} + 2,37$$

**Con coeficientes de correlación:**

$$r (L/3) = 0,9991$$

$$r (L/2) = 0,9997$$



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 974,45 \times \Delta \text{ def} + -101,00$$

Con un coeficiente de correlación:

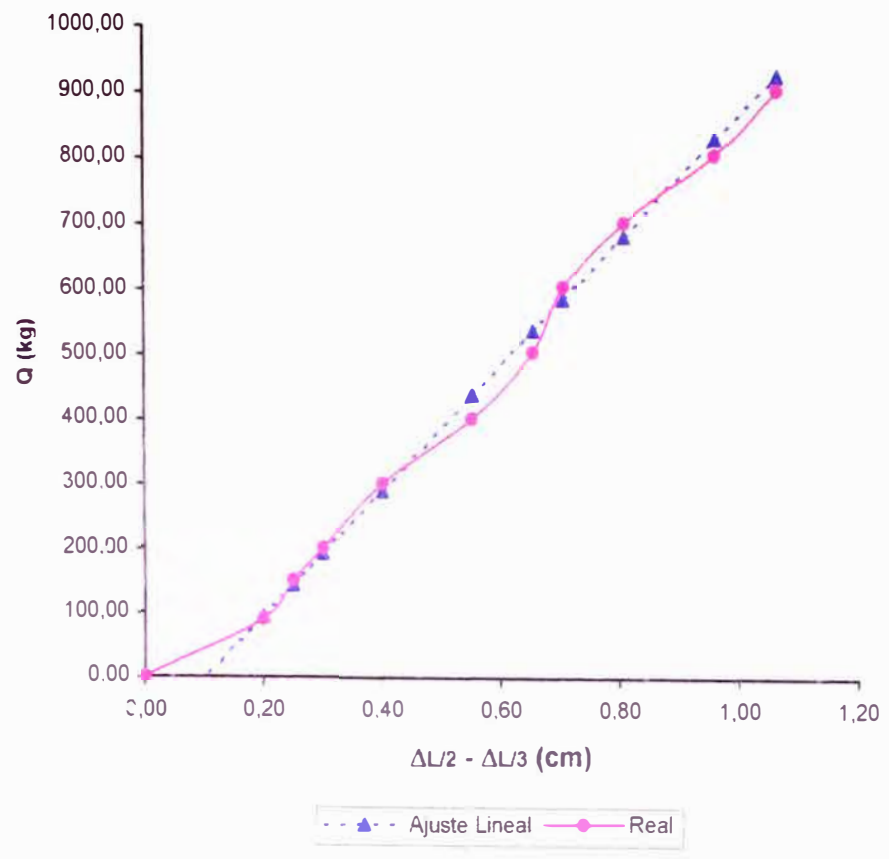
$$r = 0,9951$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-101,00
90	0,20	93,89
150	0,25	142,61
200	0,30	191,33
300	0,40	288,78
400	0,55	434,95
500	0,65	532,39
600	0,70	581,11
700	0,80	678,56
800	0,95	824,73
900	1,05	922,17

$$\delta (Q/\Delta) = 974.45$$

$$b (\Delta) = -101,00$$

**VIGA 10: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 11

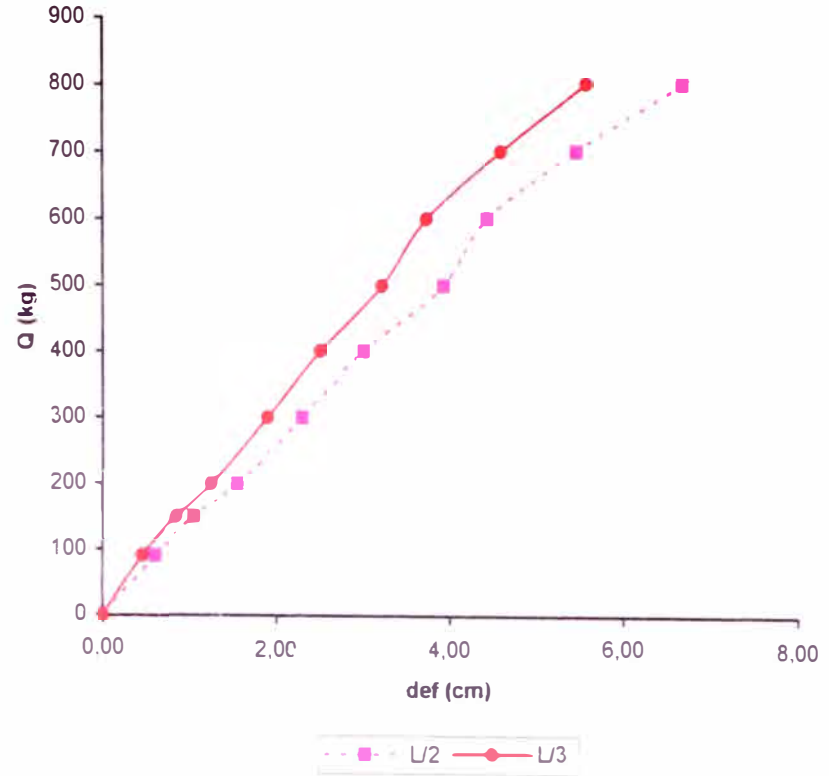
DIMENSIONES:

B = 4,05 cm  
 H = 14,15 cm  
 L = 300,00 cm

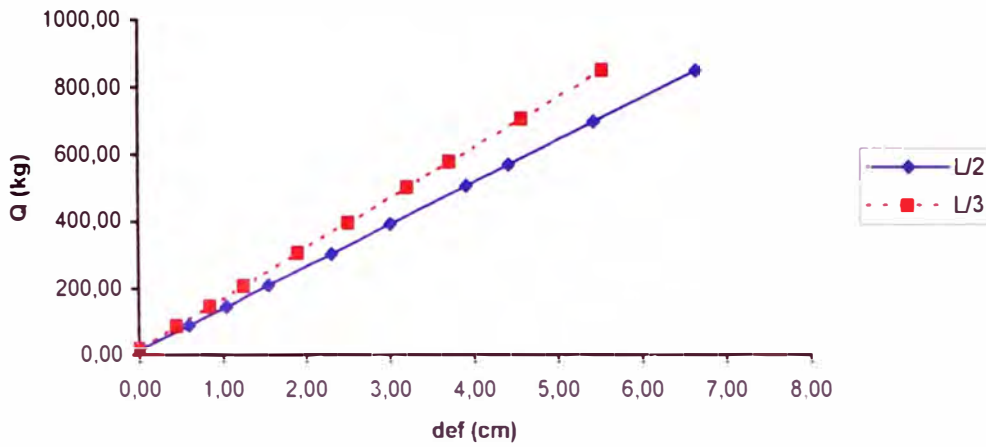
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	19,20	0,00	13,60
90	0,45	86,79	0,60	88,98
150	0,85	146,87	1,05	145,51
200	1,25	206,95	1,55	208,33
300	1,90	304,59	2,30	302,55
400	2,50	394,71	3,00	390,49
500	3,20	499,85	3,90	503,56
600	3,70	574,95	4,40	566,37
700	4,55	702,63	5,40	692,00
800	5,50	845,32	6,60	842,76
900	--	--	--	--

$\delta p/\delta w (L/3) = 150,20$        $\delta p/\delta w (L/2) = 125,63$   
 $b (L/3) = 19,20$                        $b (L/2) = 13,60$

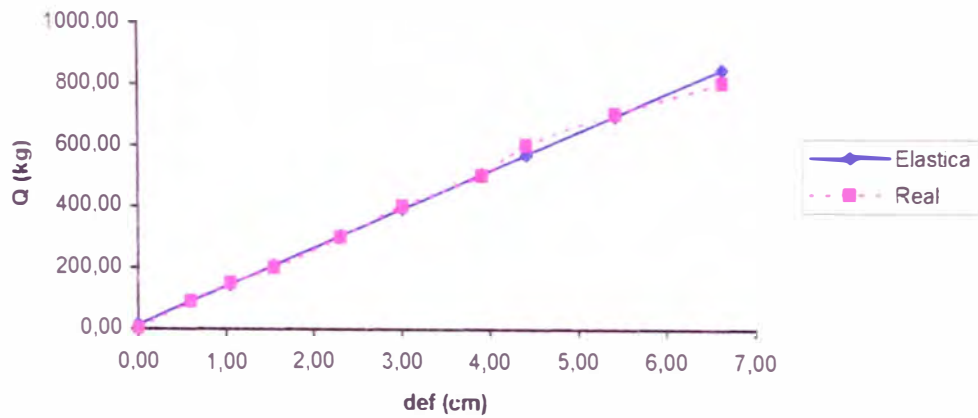
VIGA 11: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 11: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 11: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L3) = 150,20 \times \text{def} + 19,20$$

$$Q (L2) = 125,63 \times \text{def} + 13,60$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L3) = 0,9995$$

$$r (L2) = 0,9992$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 854,88 \times \Delta \text{ def} + -37,02$$

Con un coeficiente de correlación:

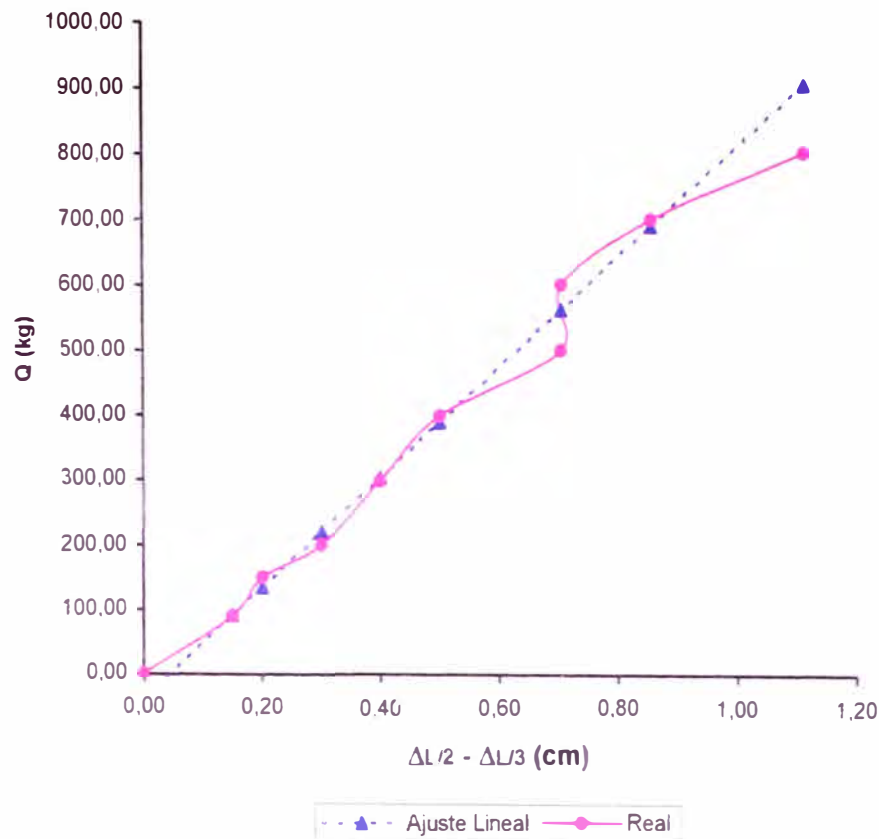
$$r = 0,9938$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-37,02
90	0,15	91,21
150	0,20	133,96
200	0,30	219,44
300	0,40	304,93
400	0,50	390,42
500	0,70	561,39
600	0,70	561,39
700	0,85	689,63
800	1,10	903,35
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 854,88$$

$$b (\Delta) = -37,02$$

**VIGA 11: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 12

DIMENSIONES:

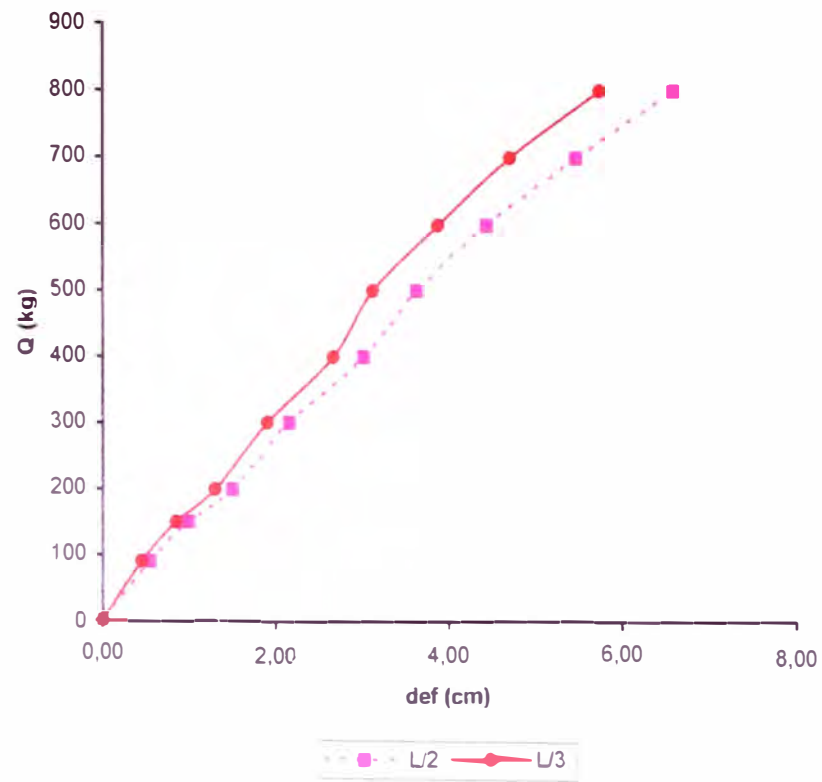
B = 4,00 cm  
 H = 14,15 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	15,70	0,00	12,40
90	0,45	83,56	0,55	85,37
150	0,85	143,88	1,00	145,07
200	1,30	211,74	1,50	211,40
300	1,90	302,22	2,15	297,64
400	2,65	415,32	3,00	410,40
500	3,10	483,18	3,60	490,00
600	3,85	596,28	4,40	596,14
700	4,65	716,91	5,40	728,81
800	5,65	867,71	6,50	874,74
900	--	--	--	--

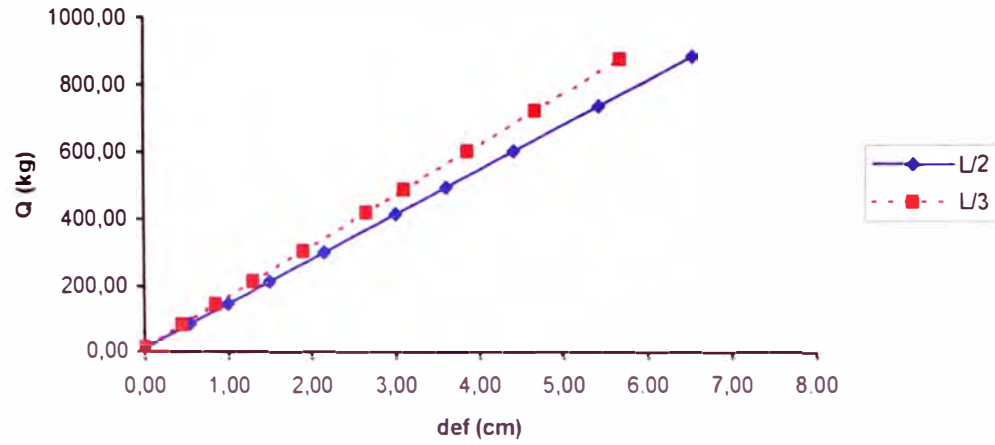
$\delta p/\delta w$  (L/3) = 150,80       $\delta p/\delta w$  (L/2) = 132,67

b (L/3) = 15,70      b (L/2) = 12,40

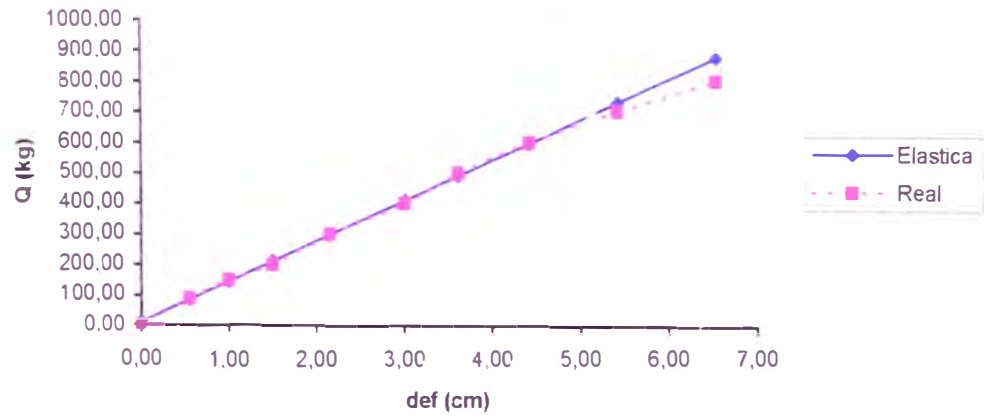
VIGA 12 Deflexiones observadas (Q vs. def)



### VIGA 12: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)



### VIGA 12: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



#### Ecuaciones obtenidas:

$$Q_{(L/3)} = 150,80 \times \text{def} + 15,70$$

$$Q_{(L/2)} = 132,67 \times \text{def} + 12,40$$

Con coeficientes de correlación:

$$r_{(L/3)} = 0,9970$$

$$r_{(L/2)} = 0,9984$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1080,56 \times \Delta \text{ def} + -4,16$$

Con un coeficiente de correlación:

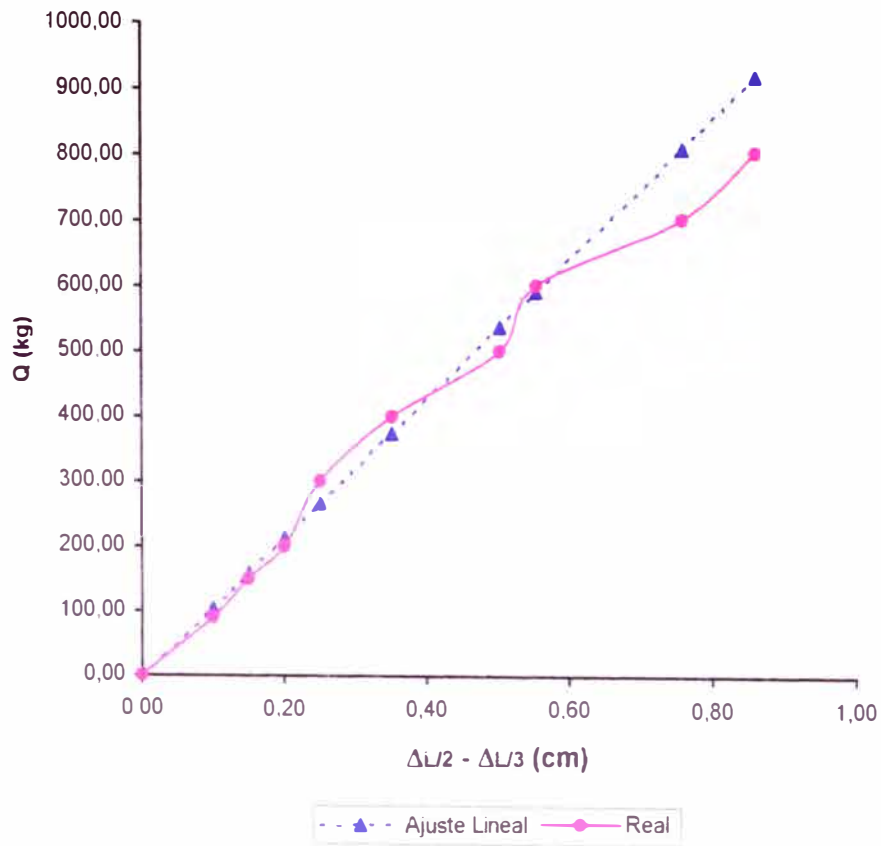
$$r = 0,9915$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-4,16
90	0,10	103,90
150	0,15	157,92
200	0,20	211,95
300	0,25	265,98
400	0,35	374,03
500	0,50	536,12
600	0,55	590,15
700	0,75	806,26
800	0,85	914,31
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1080,56$$

$$b (\Delta) = -4,16$$

**VIGA 12: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



VIGA 13

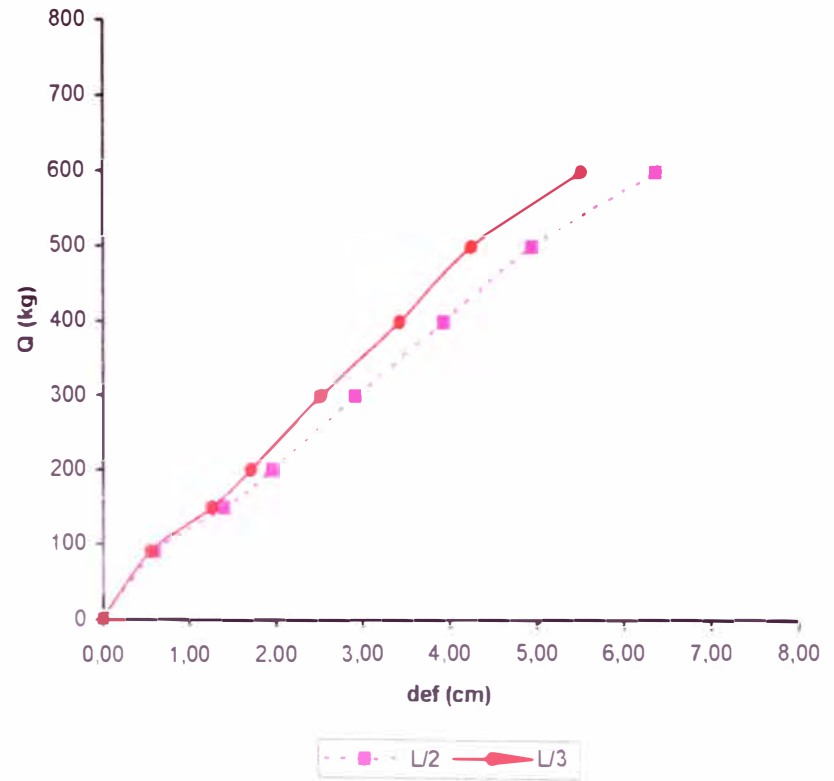
DIMENSIONES:

B = 3,95 cm  
 H = 13,45 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	14,80	0,00	19,90
90	0,55	77,53	0,60	78,19
150	1,25	157,37	1,40	155,91
200	1,70	208,70	1,95	209,34
300	2,50	299,94	2,90	301,63
400	3,40	402,59	3,90	398,78
500	4,20	493,84	4,90	495,93
600	5,45	636,41	6,30	631,94
700	--	--	--	--
800				
900				

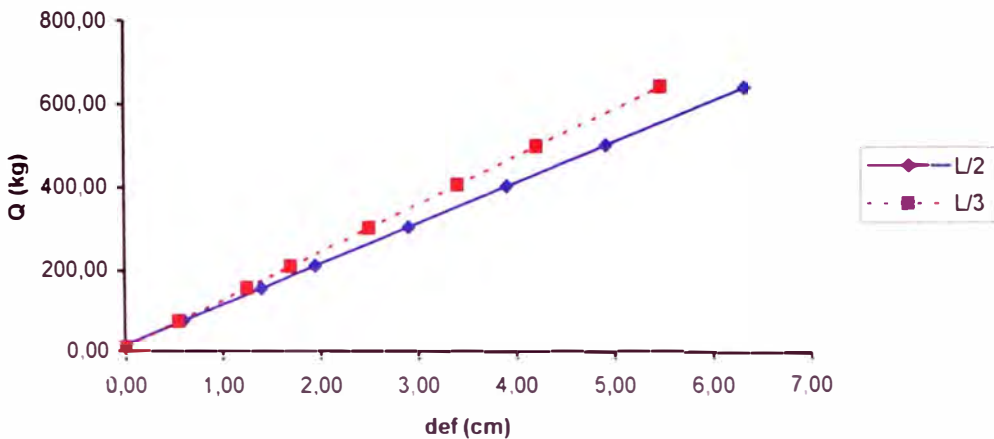
$\delta p/\delta w$  (L/3) = 114,06       $\delta p/\delta w$  (L/2) = 97,15  
 b (L/3) = 14,80                      b (L/2) = 19,90

VIGA 13: Deflexiones observadas (Q vs. def)

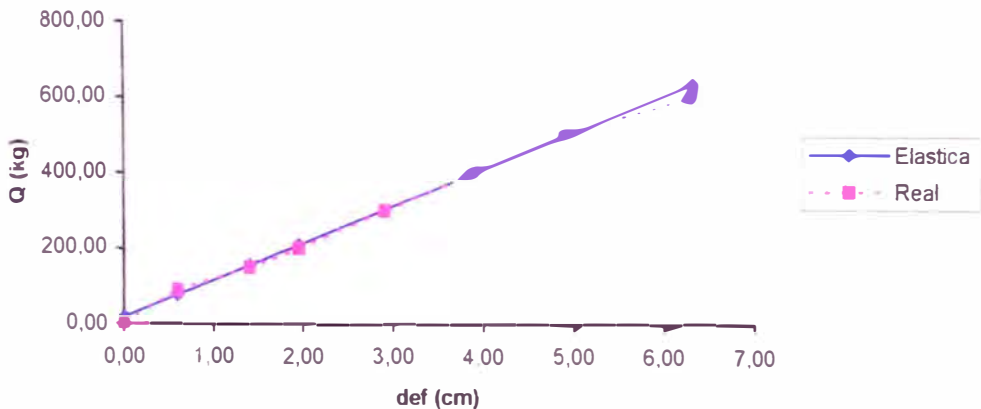




**VIGA 13: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 13: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L/3) = 114,06 \times \text{def} + 14,80$$

$$Q (L/2) = 97,15 \times \text{def} + 19,90$$

**Con coeficientes de correlación:**

$$r (L/3) = 0,9986$$

$$r (L/2) = 0,9988$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 706,90 \times \Delta \text{ def} + 32,70$$

Con un coeficiente de correlación:

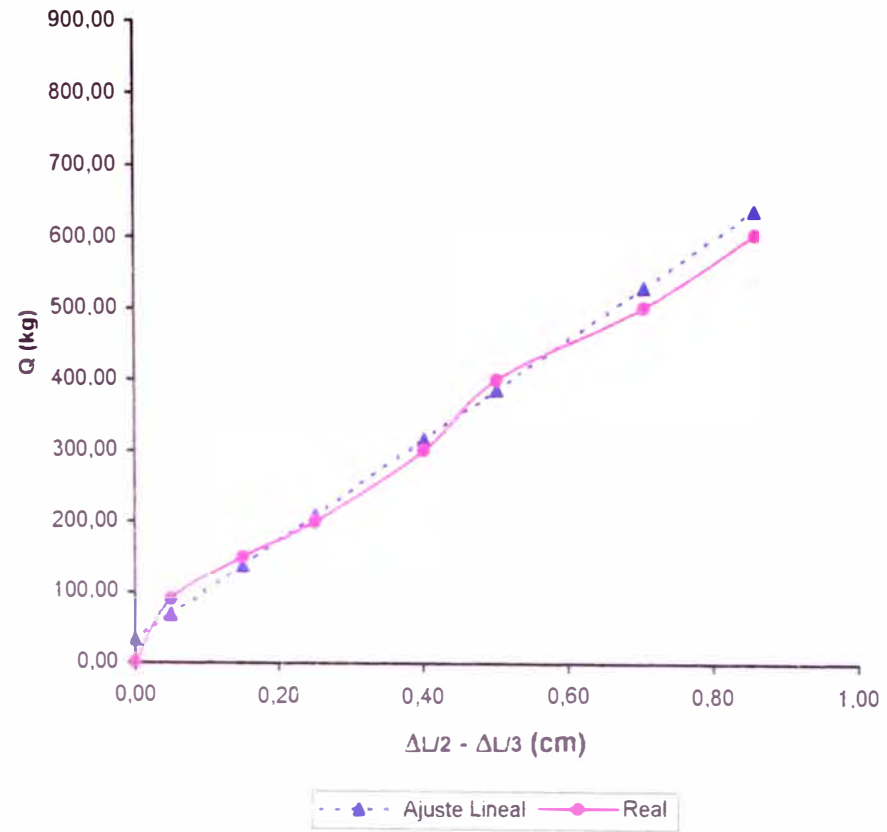
$$r = 0,9912$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	32,70
90	0,05	68,04
150	0,15	138,73
200	0,25	209,42
300	0,40	315,46
400	0,50	386,15
500	0,70	527,53
600	0,85	633,56
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 706,90$$

$$b (\Delta) = 32,70$$

**VIGA 13: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 14

DIMENSIONES:

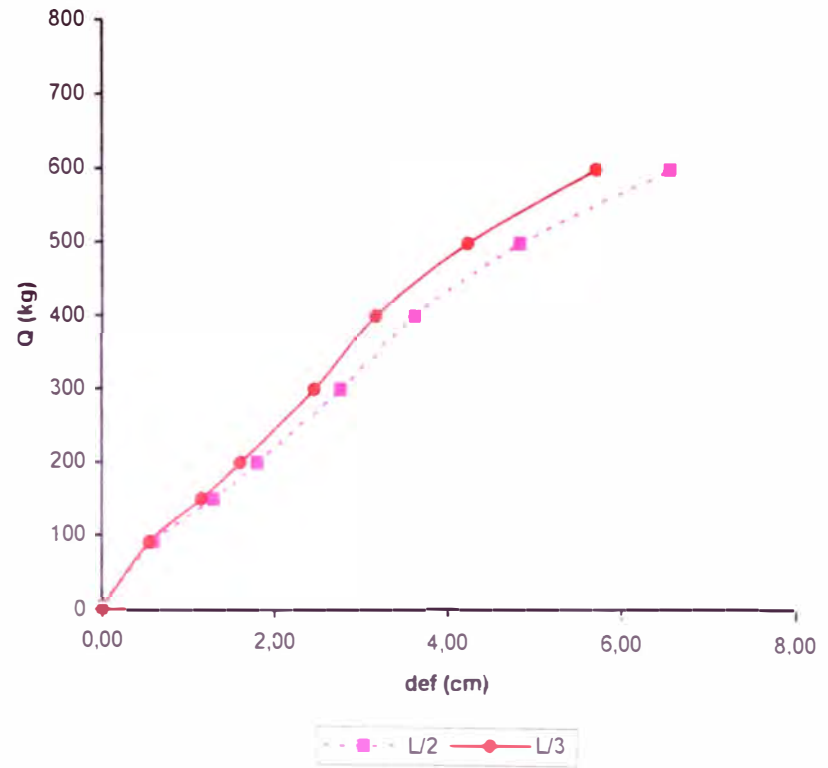
B = 3,95 cm  
 H = 13,40 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	23,10	0,00	27,30
90	0,50	83,15	0,55	83,87
150	1,05	149,20	1,20	150,73
200	1,60	215,26	1,80	212,44
300	2,25	293,32	2,60	294,72
400	3,15	401,41	3,60	397,58
500	3,95	497,49	4,60	500,44
600	5,00	623,59	5,70	613,58
700	--	--	--	--
800				
900				

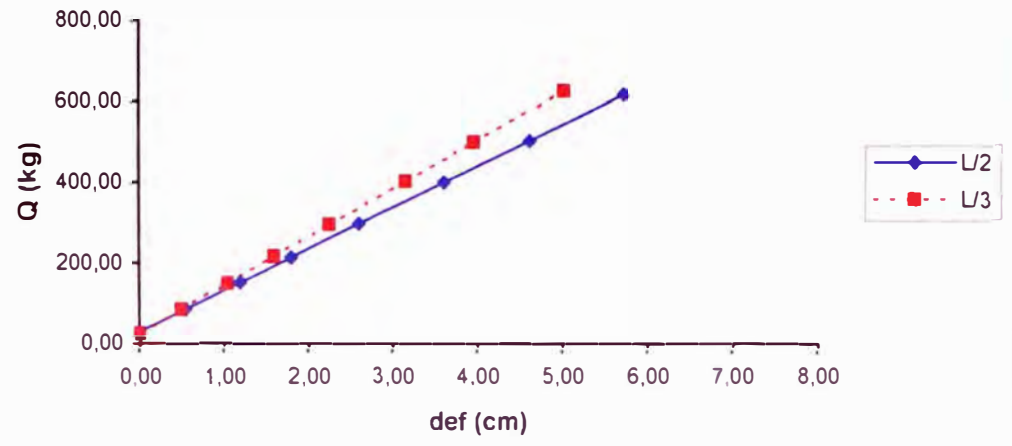
$\delta p / \delta w (L/3) = 120,10$        $\delta p / \delta w (L/2) = 102,86$

$b (L/3) = 23,10$        $b (L/2) = 27,30$

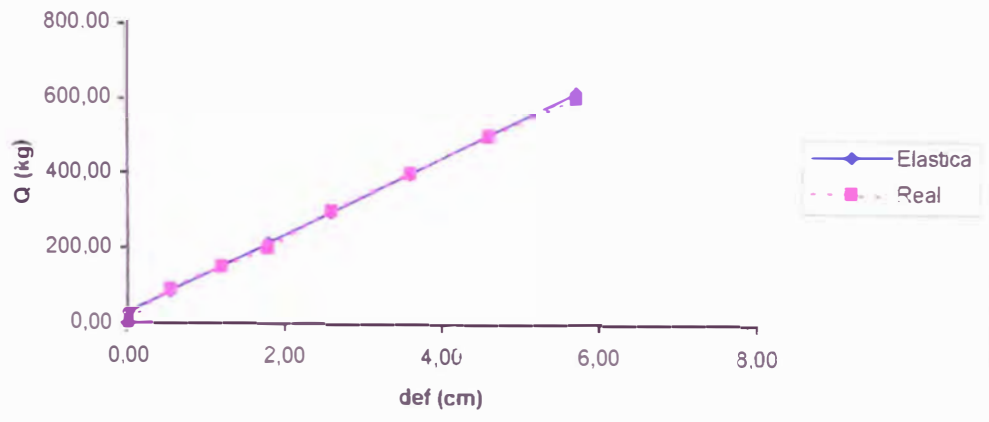
VIGA 14: Deformaciones observadas (Q vs. def)



VIGA 14: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 14: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L3) = 120,10 \times \text{def} + 23,10$$

$$Q (L2) = 102,86 \times \text{def} + 27,30$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L3) = 0,998637$$

$$r (L2) = 0,999073$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 768,63 \times \Delta \text{ def} + 43,52$$

Con un coeficiente de correlación:

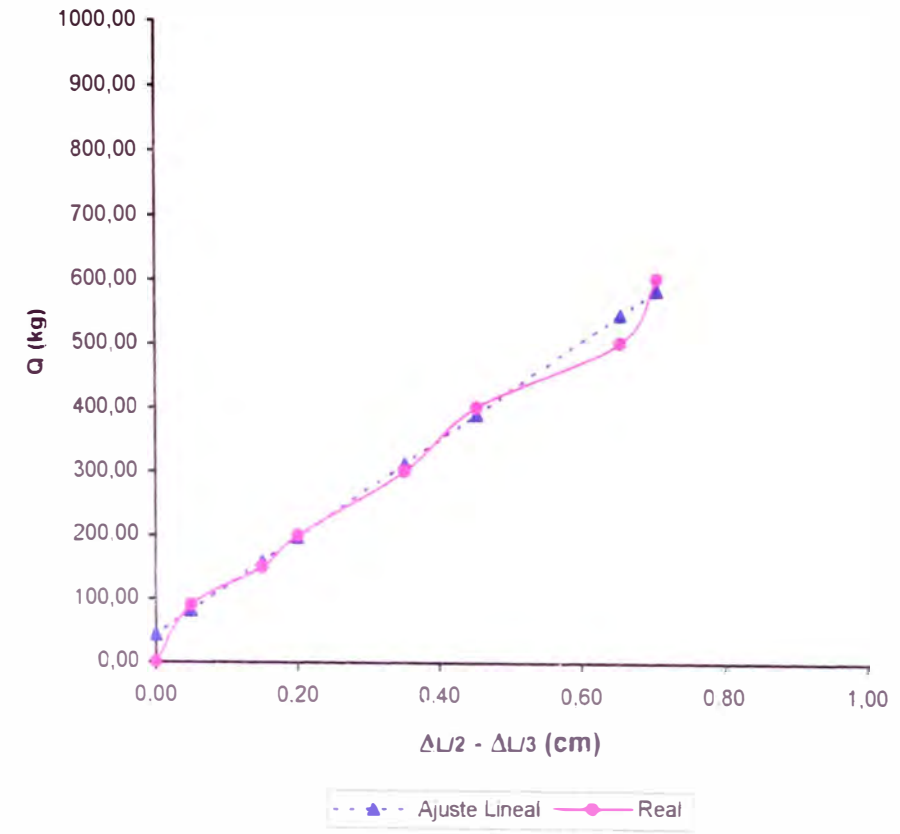
$$r = 0,9965$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	43,52
90	0,05	81,95
150	0,15	158,81
200	0,20	197,25
300	0,35	312,54
400	0,45	389,40
500	0,65	543,13
600	0,70	581,56
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 768,63$$

$$b (\Delta) = 43,52$$

**VIGA 14: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



## GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS VIGA 15

DIMENSIONES:

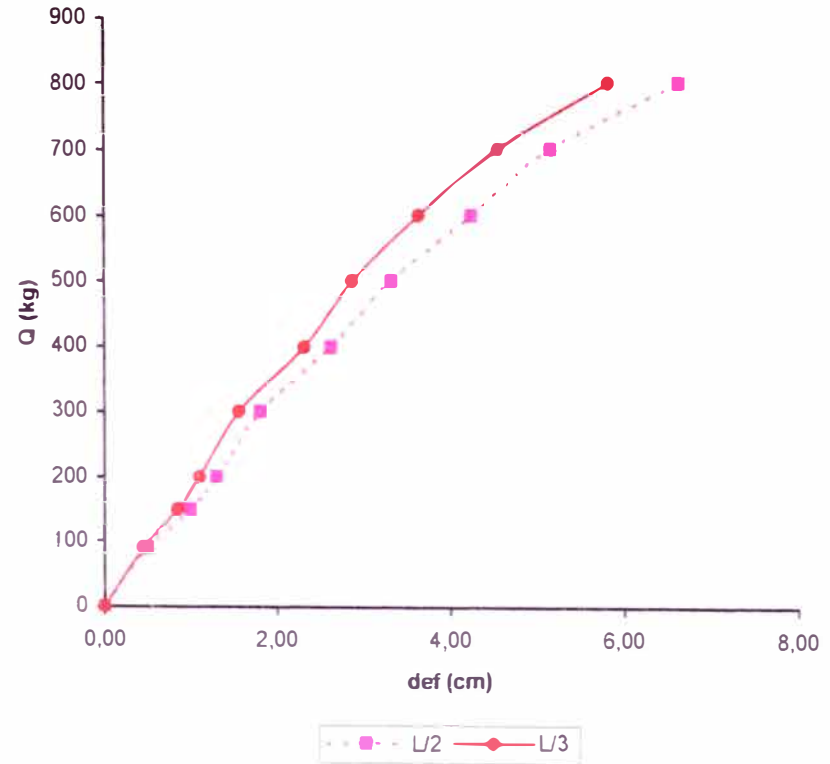
B = 4,05 cm  
H = 13,90 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	13,50	0,00	11,80
90	0,45	90,59	0,50	86,50
150	0,85	159,12	1,00	161,20
200	1,10	201,95	1,30	206,03
300	1,55	279,04	1,80	280,73
400	2,30	407,52	2,60	400,25
500	2,85	501,74	3,30	504,83
600	3,60	630,23	4,20	639,30
700	4,50	784,41	5,10	773,76
800	5,75	998,55	6,55	990,40
900	--	--	--	--

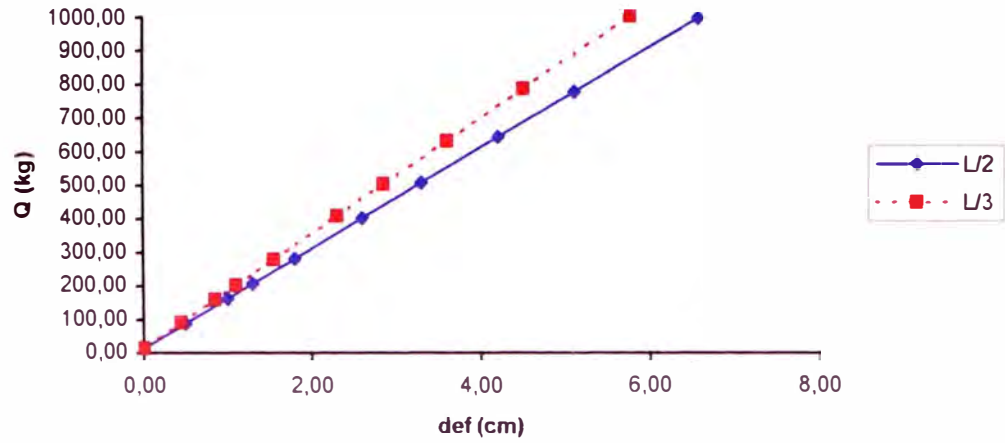
$\delta p / \delta w$  (L/3) = 171,31       $\delta p / \delta w$  (L/2) = 149,40

b (L/3) = 13,50      b (L/2) = 11,80

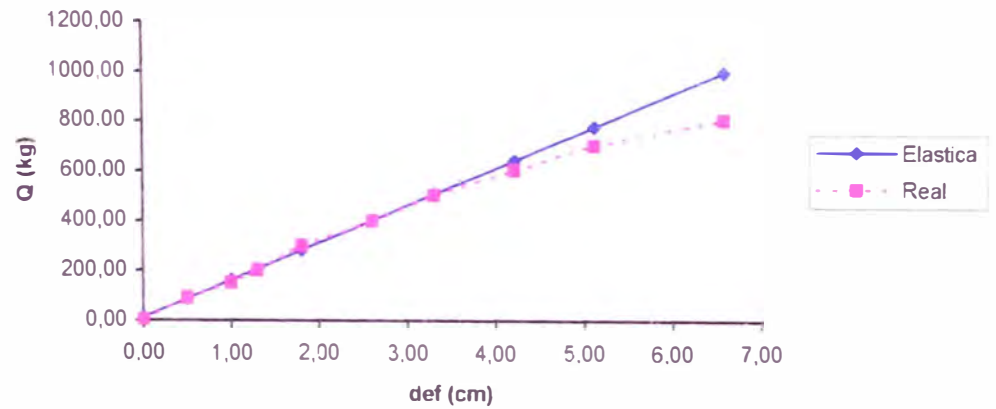
**VIGA 15: Deflexiones observadas  
(Q vs. def)**



VIGA 15: Ajuste de rectas al estado elástico  
 (Q vs. def)



VIGA 15: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
 Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 171,31 \times \text{def} + 13,5$$

$$Q (L/2) = 149,40 \times \text{def} + 11,80$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9976$$

$$r (L/2) = 0,9977$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1117,86 \times \Delta \text{ def} + 12,50$$

Con un coeficiente de correlación:

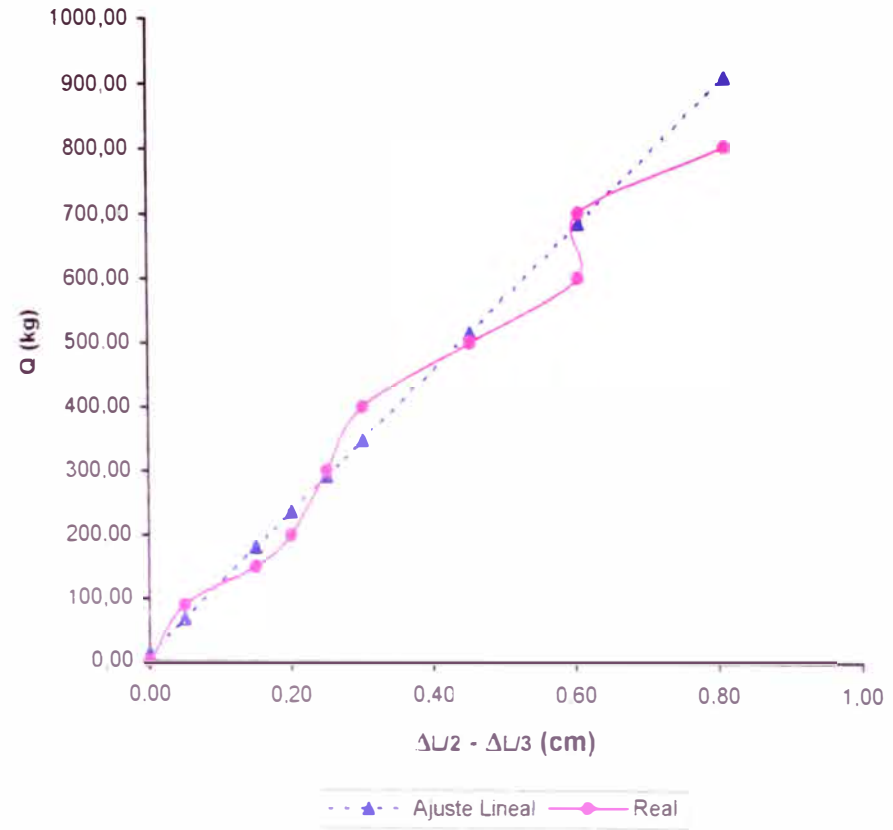
$$r = 0,9764$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	12,50
90	0,05	68,39
150	0,15	180,18
200	0,20	236,07
300	0,25	291,96
400	0,30	347,86
500	0,45	515,54
600	0,60	683,21
700	0,60	683,21
800	0,80	906,79
900	-	-

$$\delta (Q/\Delta) = 1117,86$$

$$b (\Delta) = 12,50$$

**VIGA 15: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**





## GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS VIGA 16

DIMENSIONES:

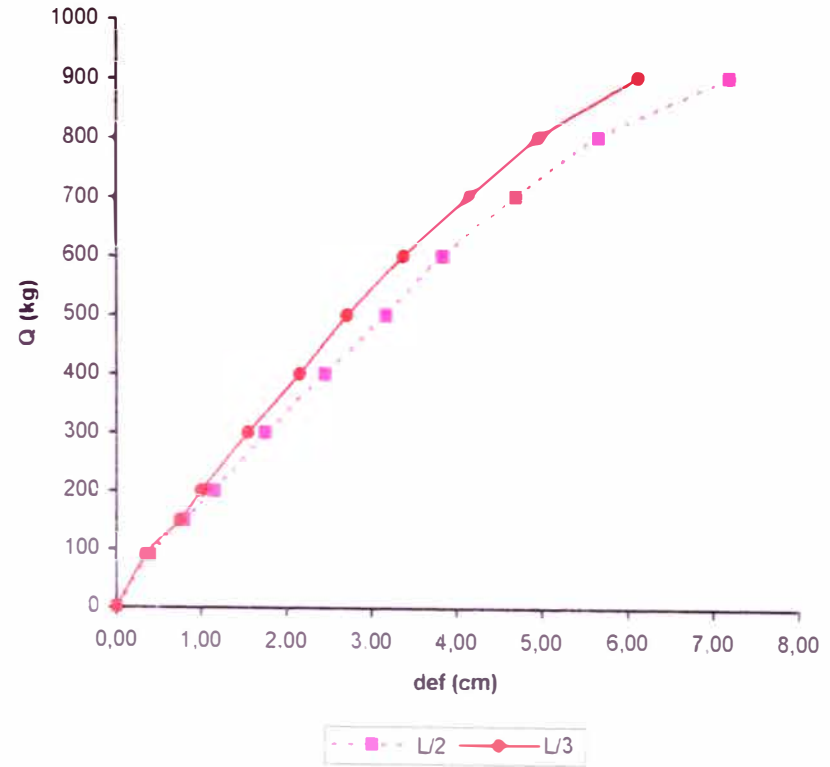
B = 4,05 cm  
H = 14,10 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	24,30	0,00	30,70
90	0,35	85,81	0,40	90,73
150	0,75	156,11	0,80	150,76
200	1,00	200,05	1,15	203,29
300	1,55	296,71	1,75	293,33
400	2,15	402,16	2,45	398,39
500	2,70	498,82	3,15	503,44
600	3,35	613,05	3,80	600,99
700	4,10	744,86	4,65	728,56
800	4,90	885,46	5,60	871,13
900	6,05	1087,57	7,10	1096,24

$\delta p / \delta w$  (L/3) = 175,75       $\delta p / \delta w$  (L/2) = 150,08

b (L/3) = 24,30      b (L/2) = 30,70

### VIGA 16: Deflexiones observadas (Q vs. def)



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L3) = 175,75 \times \text{def} + 24,3$$

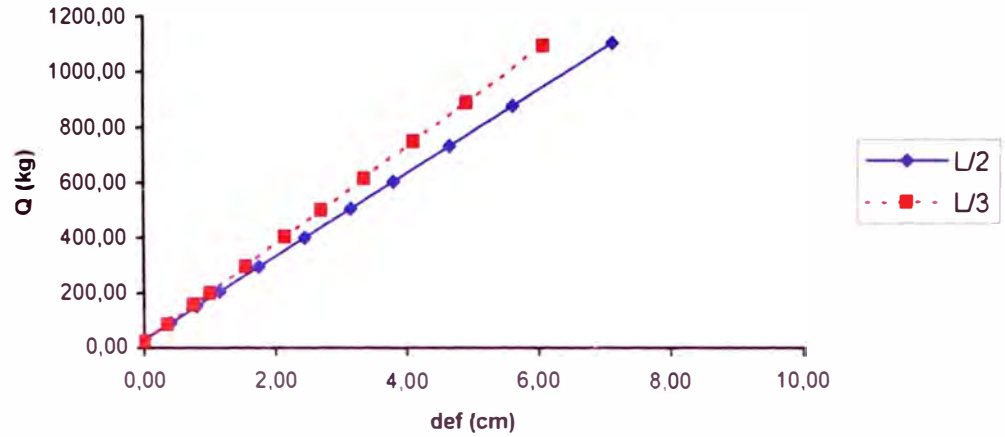
$$Q (L2) = 150,08 \times \text{def} + 30,70$$

Con coeficientes de correlación:

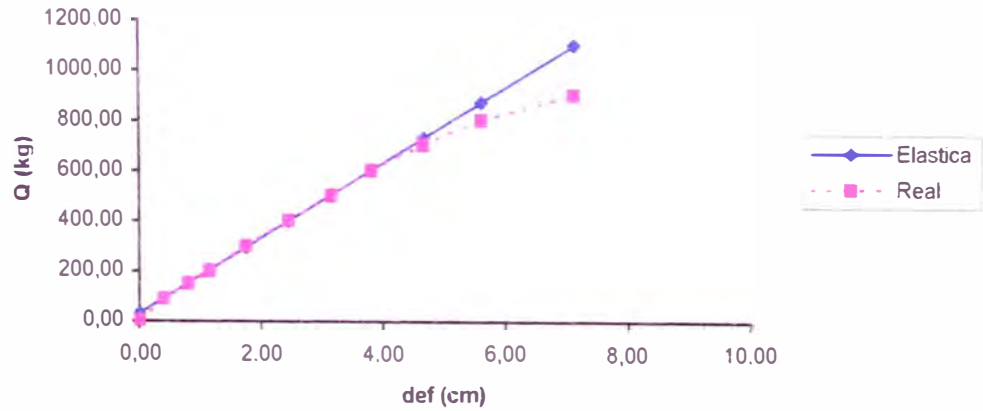
$$r (L3) = 0,9997$$

$$r (L2) = 0,9997$$

**VIGA 16: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 16: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 1133,33 \times \Delta \text{ def} + 57,90$$

Con un coeficiente de correlación:

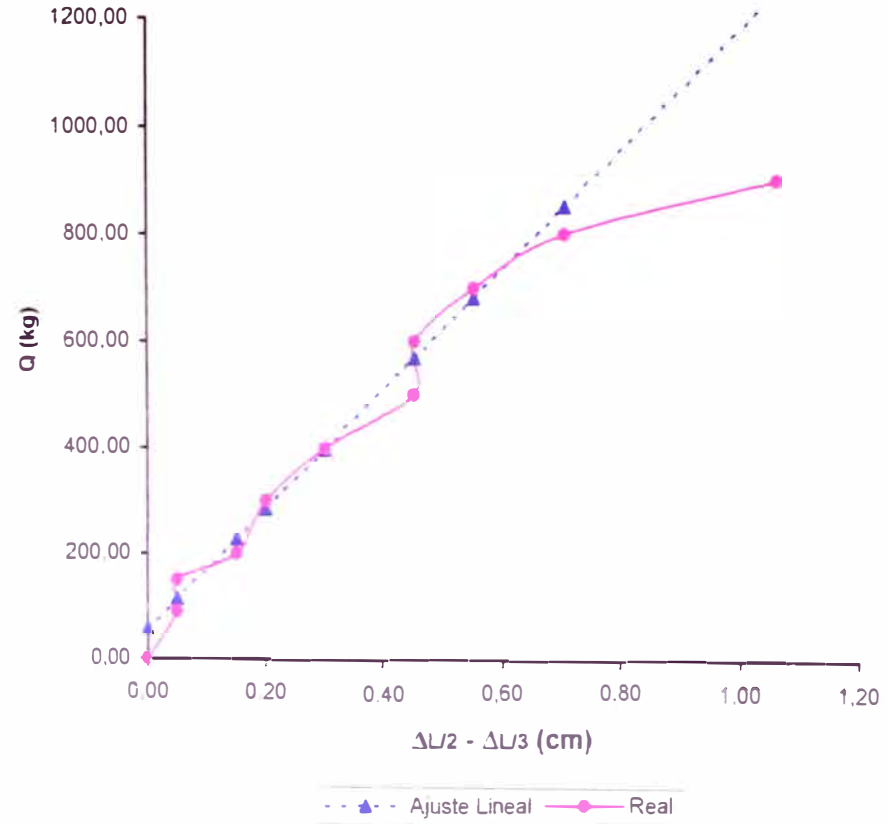
$$r = 0,9811$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	57,90
90	0,05	114,57
150	0,05	114,57
200	0,15	227,90
300	0,20	284,57
400	0,30	397,90
500	0,45	567,90
600	0,45	567,90
700	0,55	681,23
800	0,70	851,23
900	1,05	1247,90

$$\delta (Q/\Delta) = 1133,33$$

$$b(\Delta) = 57,90$$

**VIGA 16: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



## GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS VIGA 17

DIMENSIONES:

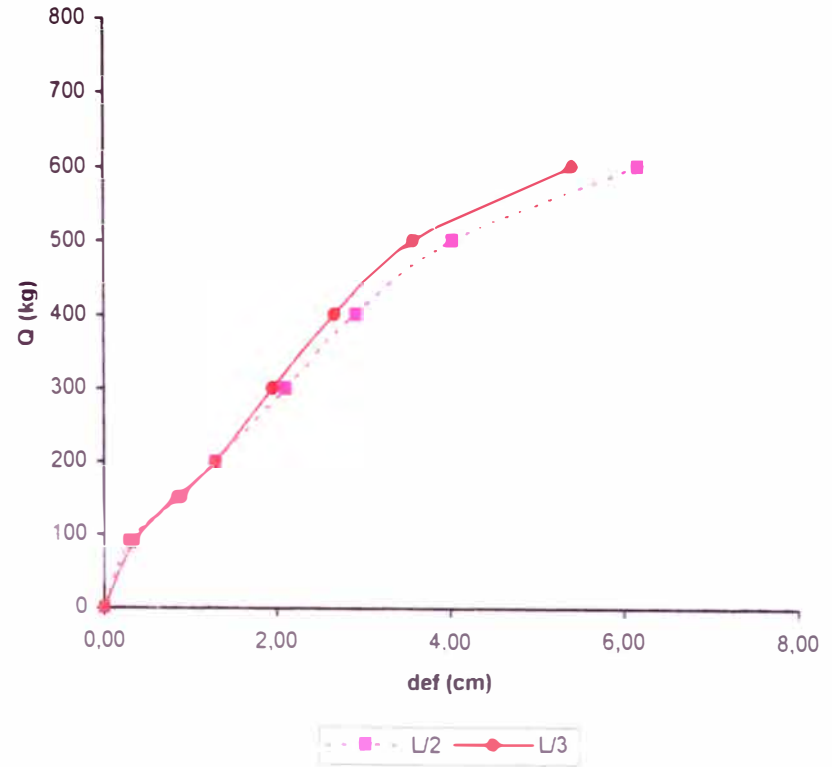
B = 4,00 cm  
 H = 14,00 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	39,90	0,00	54,60
90	0,35	85,91	0,30	88,82
150	0,85	151,65	0,90	157,27
200	1,30	210,81	1,30	202,89
300	1,95	296,26	2,10	294,15
400	2,65	388,29	2,90	385,41
500	3,55	506,61	4,00	510,89
600	5,35	743,25	6,10	750,44
700	--	--	--	--
800				
900				

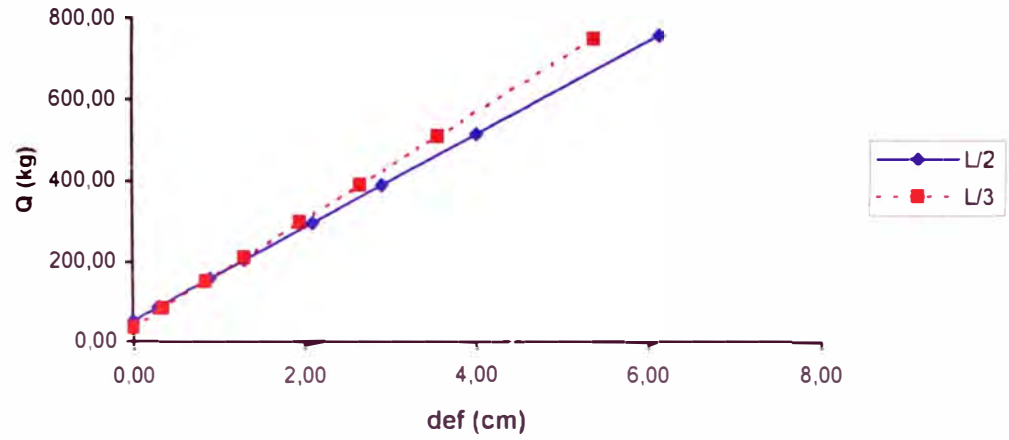
$\delta p / \delta w (L/3) = 131,47$        $\delta p / \delta w (L/2) = 114,07$

b (L/3) = 39,90      b (L/2) = 54,60

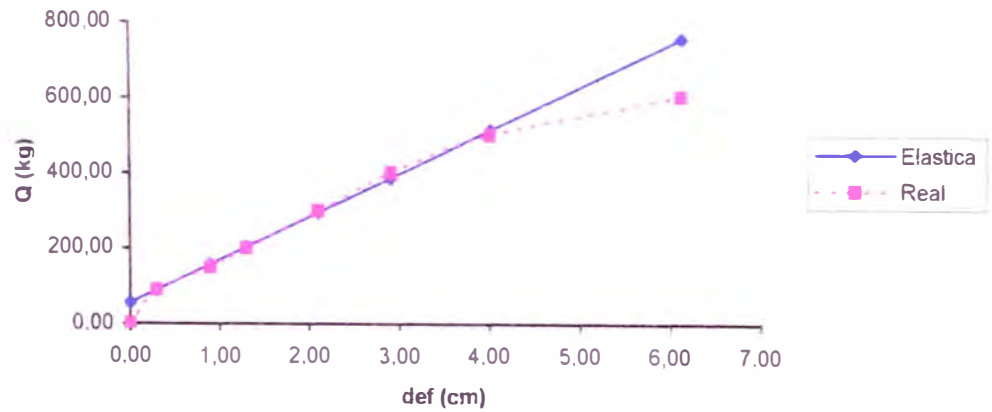
**VIGA 17: Deflexiones observadas  
(Q vs. def)**



VIGA 17: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 17: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 131,47 \times \text{def} + 39,90$$

$$Q (L/2) = 114,07 \times \text{def} + 54,60$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9986$$

$$r (L/2) = 0,9982$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 817,43 \times \Delta \text{ def} + 157,00$$

Con un coeficiente de correlación:

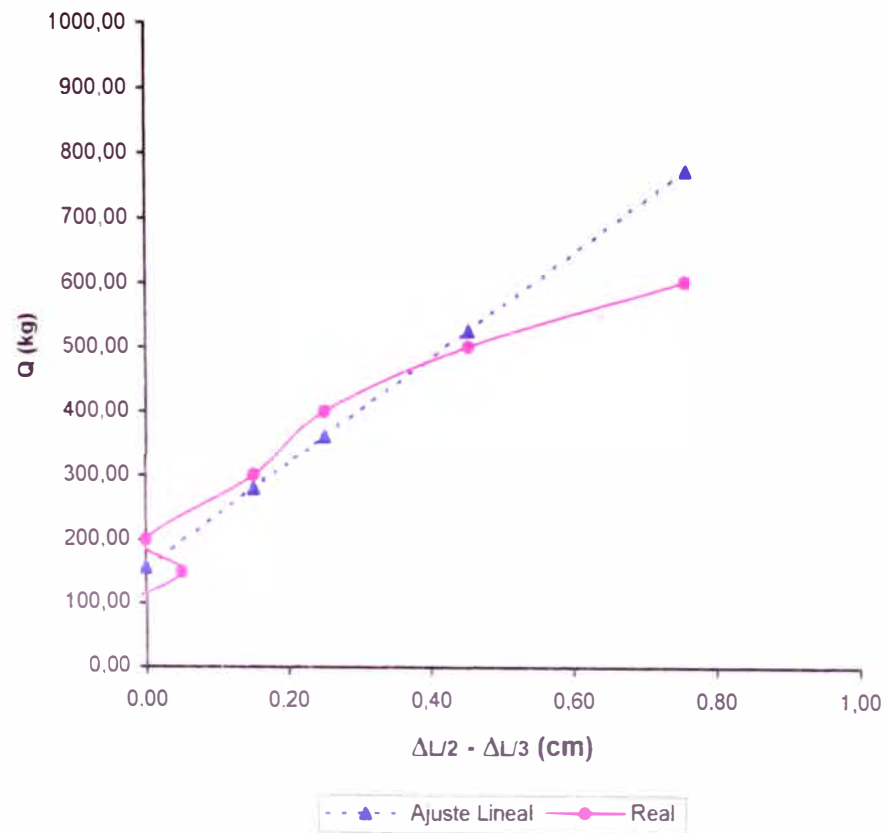
$$r = 0,9695$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	157,00
90	-0,05	116,13
150	0,05	197,87
200	0,00	157,00
300	0,15	279,62
400	0,25	361,36
500	0,45	524,85
600	0,75	770,08
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta(Q/\Delta) = 817,43$$

$$b(\Delta) = 157,00$$

**VIGA 17: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**  
**VIGA 18**

DIMENSIONES:

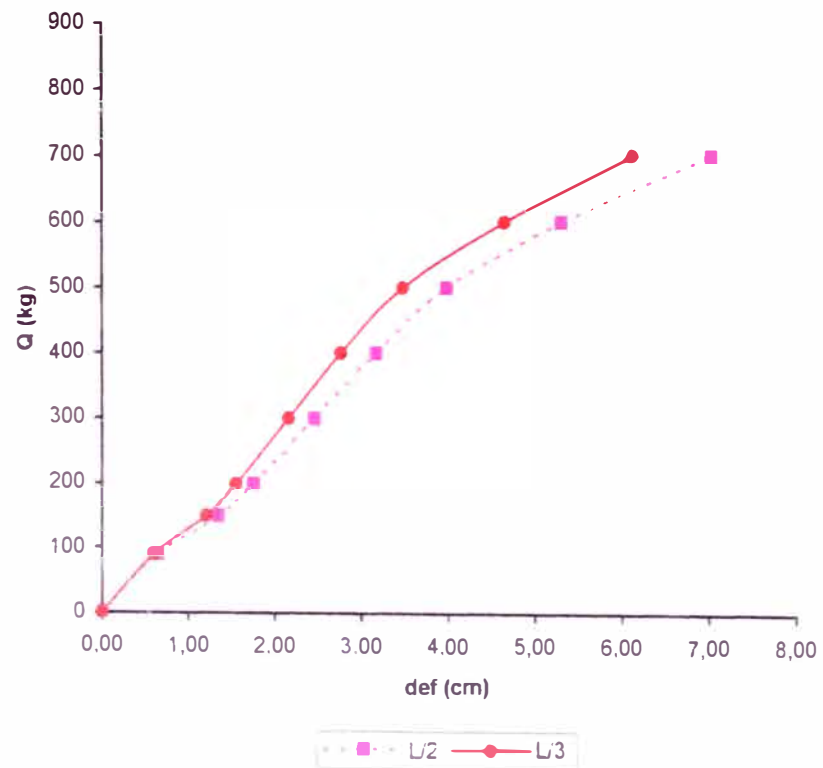
B = 4,05 cm  
H = 13,90 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-17,20	0,00	-11,70
90	0,60	72,22	0,65	71,89
150	1,20	161,65	1,35	161,92
200	1,55	213,81	1,75	213,36
300	2,15	303,24	2,45	303,38
400	2,75	392,66	3,15	393,40
500	3,45	496,99	3,95	496,29
600	4,60	668,39	5,25	663,47
700	6,05	884,50	6,95	882,10
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

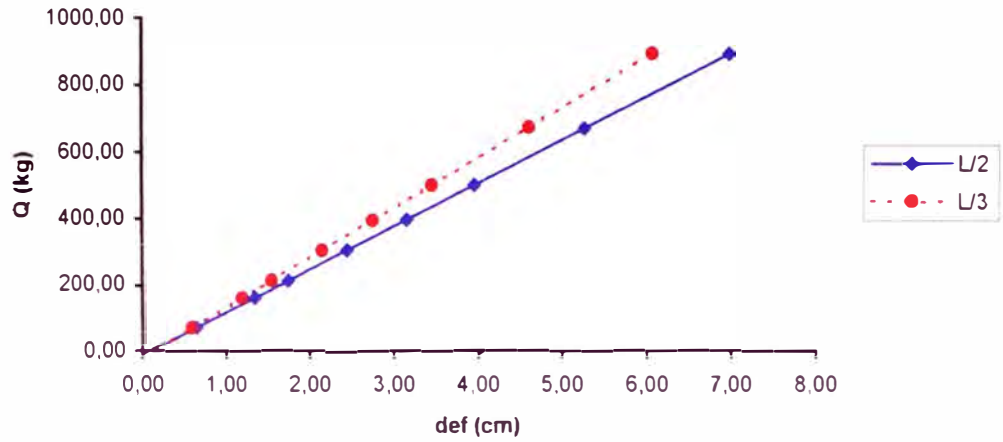
$\delta p / \delta w (L/3) = 149,04$        $\delta p / \delta w (L/2) = 128,60$

$b (L/3) = -17,20$        $b (L/2) = -11,70$

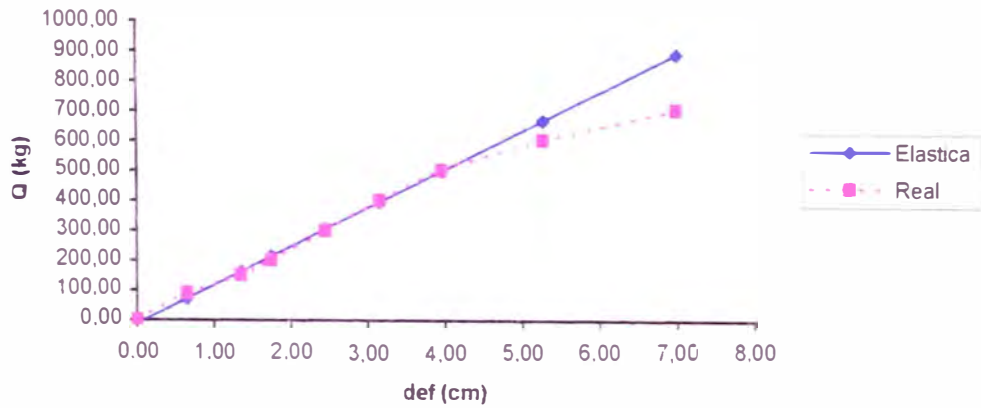
**VIGA 18: Defflexiones observadas (Q vs. def)**



**VIGA 18: Ajuste de rectas al estado elástico  
 (Q vs. def)**



**VIGA 18: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
 Ajuste Lineal**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L/3) = 149,04 \times \text{def} + -17,2$$

$$Q (L/2) = 128,60 \times \text{def} + -11,70$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9971$$

$$r (L/2) = 0,9971$$



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 937,35 \times \Delta \text{ def} + 23,30$$

Con un coeficiente de correlación:

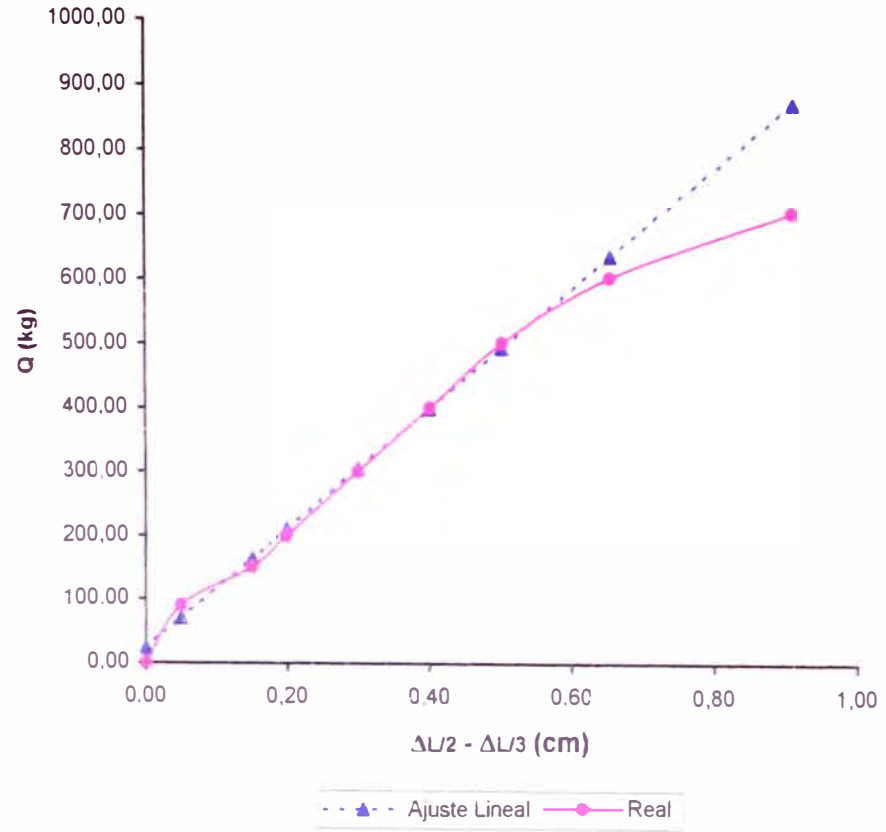
$$r = 0,9968$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	23,30
90	0,05	70,17
150	0,15	163,90
200	0,20	210,77
300	0,30	304,50
400	0,40	398,24
500	0,50	491,97
600	0,65	632,58
700	0,90	866,91
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 937,35$$

$$b (\Delta) = 23,30$$

**VIGA 18: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 19

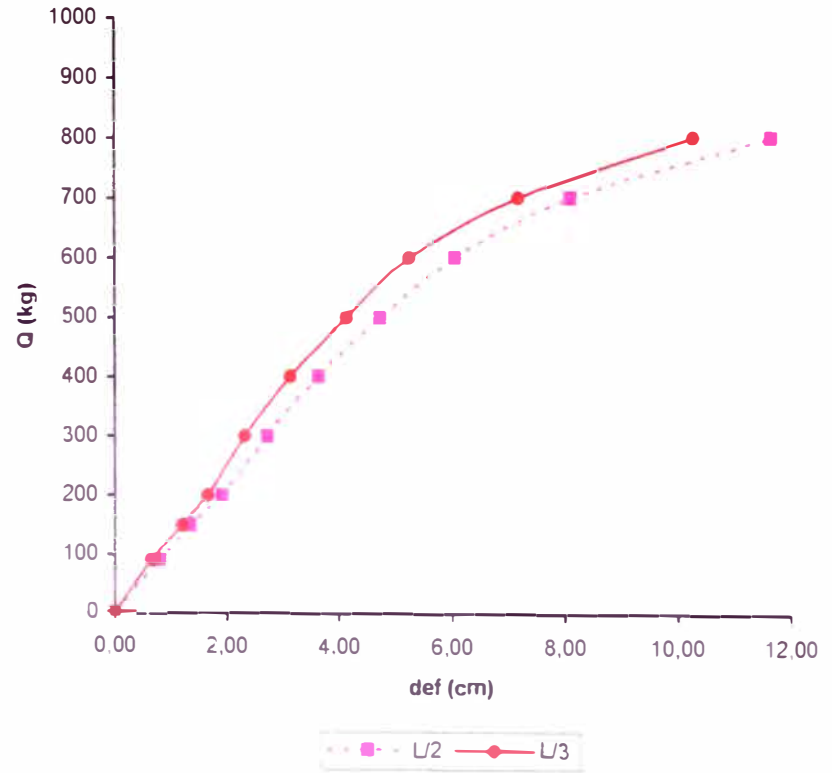
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
 H = 14,05 cm  
 L = 300,00 cm

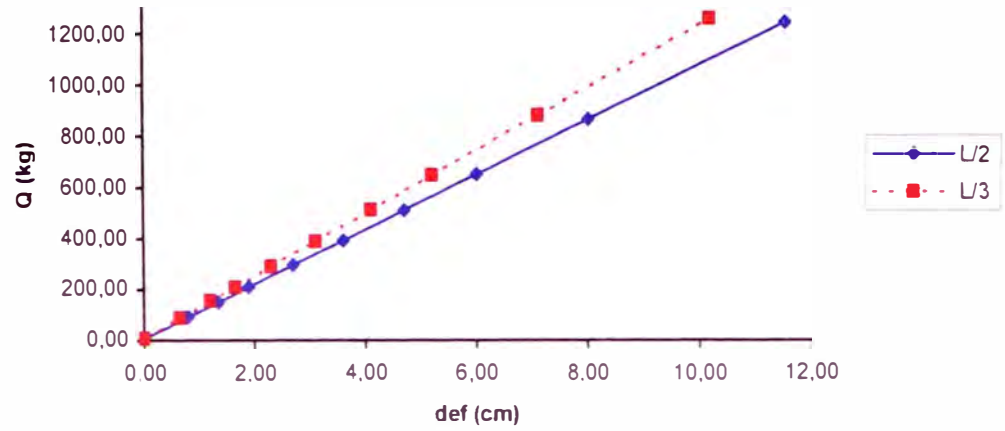
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	8,06	0,00	4,94
90	0,65	87,64	0,80	90,54
150	1,20	154,98	1,35	149,39
200	1,65	210,07	1,90	208,24
300	2,30	289,65	2,70	293,84
400	3,10	387,60	3,60	390,14
500	4,10	510,03	4,70	507,84
600	5,20	644,71	6,00	646,93
700	7,10	877,33	8,00	860,93
800	10,15	1250,74	11,50	1235,43
900	--	--	--	--

$\delta p/\delta w (L/3) = 122,43$        $\delta p/\delta w (L/2) = 107,00$   
 $b (L/3) = 8,06$                        $b (L/2) = 4,94$

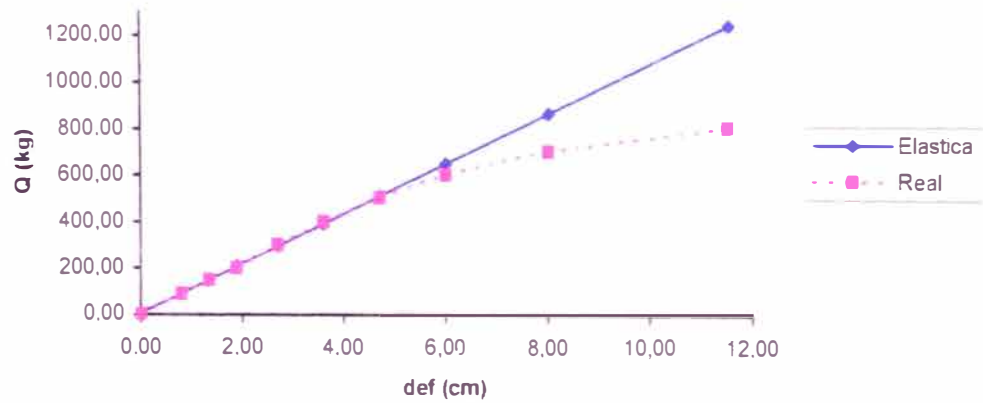
VIGA 19: Deformaciones observadas (Q vs. def)



VIGA 19: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 19: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 122,43 \times \text{def} + 8,1$$

$$Q (L/2) = 107,00 \times \text{def} + 4,94$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9980$$

$$r (L/2) = 0,9989$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 822,59 \times \Delta \text{ def} + -7,72$$

Con un coeficiente de correlación:

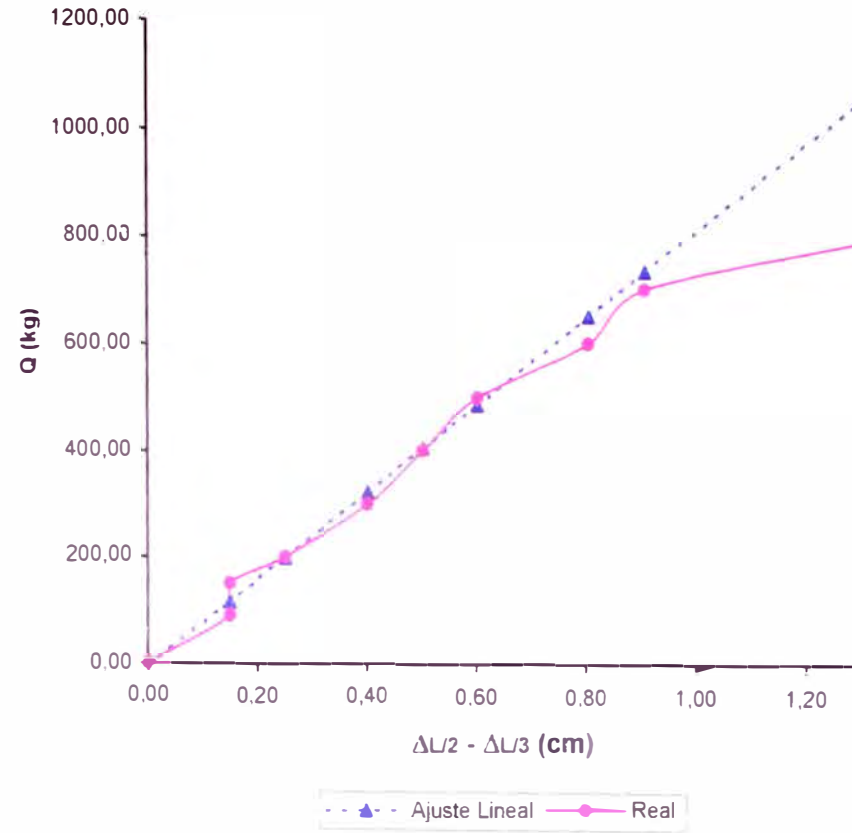
$$r = 0,9897$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-7,72
90	0,15	115,67
150	0,15	115,67
200	0,25	197,93
300	0,40	321,32
400	0,50	403,57
500	0,60	485,83
600	0,80	650,35
700	0,90	732,61
800	1,35	1102,77
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 822,59$$

$$b (\Delta) = -7,72$$

**VIGA 19: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**  
**VIGA 20**

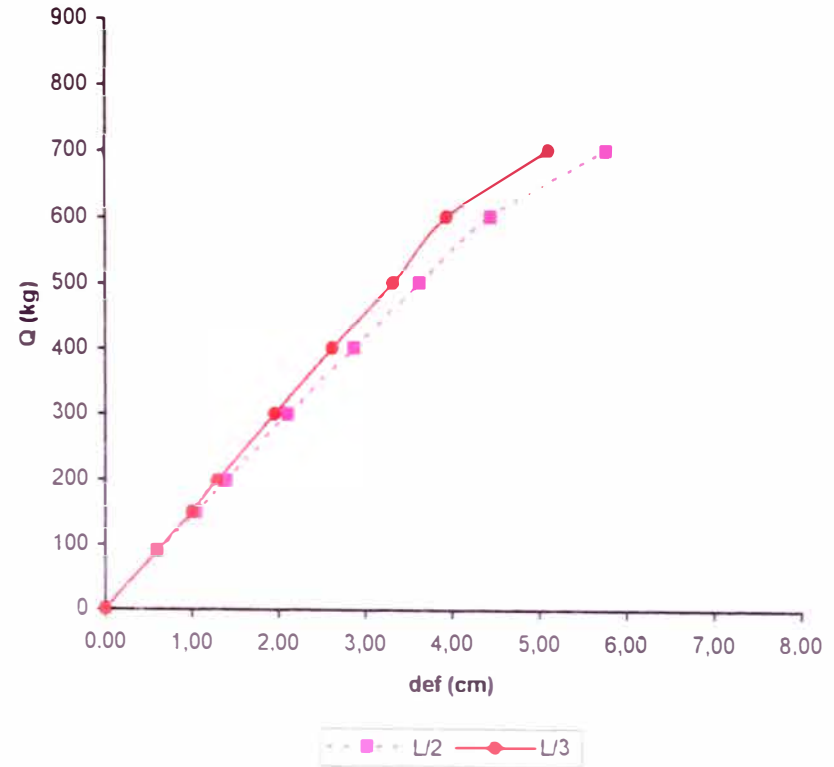
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
 H = 13,95 cm  
 L = 300,00 cm

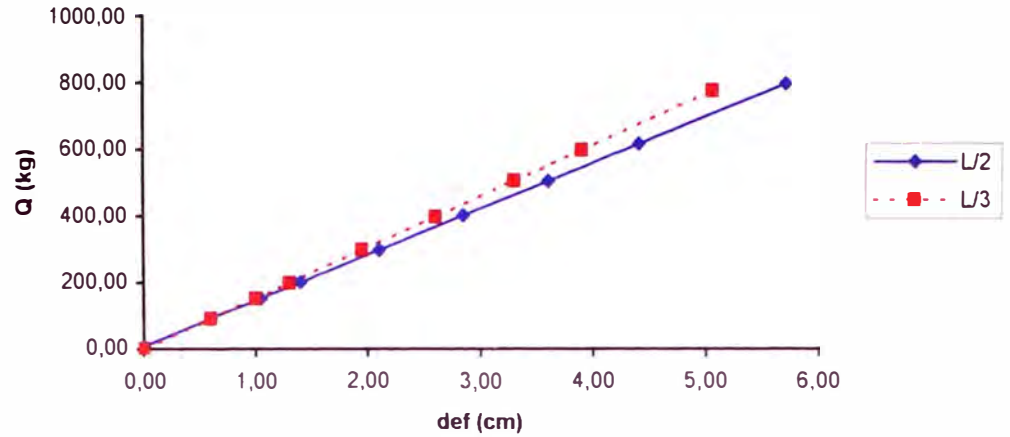
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-0,32	0,00	7,89
90	0,60	91,32	0,60	90,27
150	1,00	152,42	1,05	152,05
200	1,30	198,24	1,40	200,11
300	1,95	297,52	2,10	296,22
400	2,60	396,80	2,85	399,19
500	3,30	503,72	3,60	502,16
600	3,90	595,36	4,40	612,00
700	5,05	771,01	5,70	790,49
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

$\delta p / \delta w (L/3) = 152,74$        $\delta p / \delta w (L/2) = 137,30$   
 $b (L/3) = -0,32$                        $b (L/2) = 7,89$

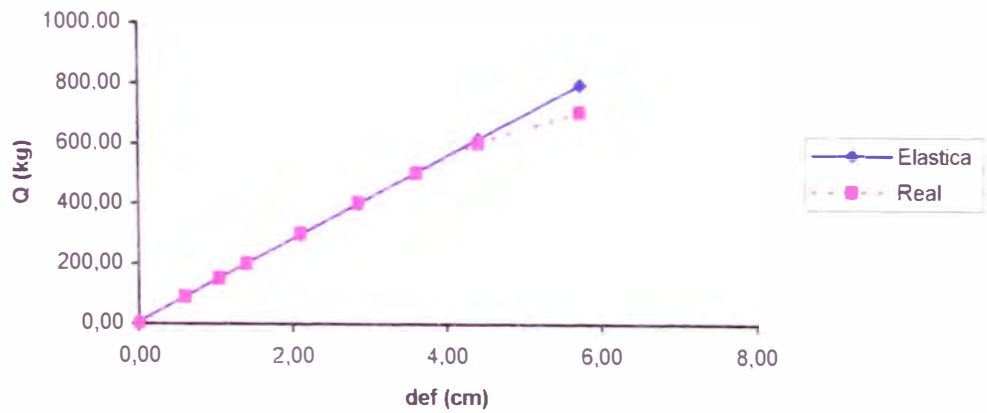
**VIGA 20: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



**VIGA 20: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 20: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L/3) = 152,74 \times \text{def} + -0,32$$

$$Q (L/2) = 137,30 \times \text{def} + 7,89$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9998$$

$$r (L/2) = 0,9999$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1344,10 \times \Delta \text{ def} + 82,90$$

Con un coeficiente de correlación:

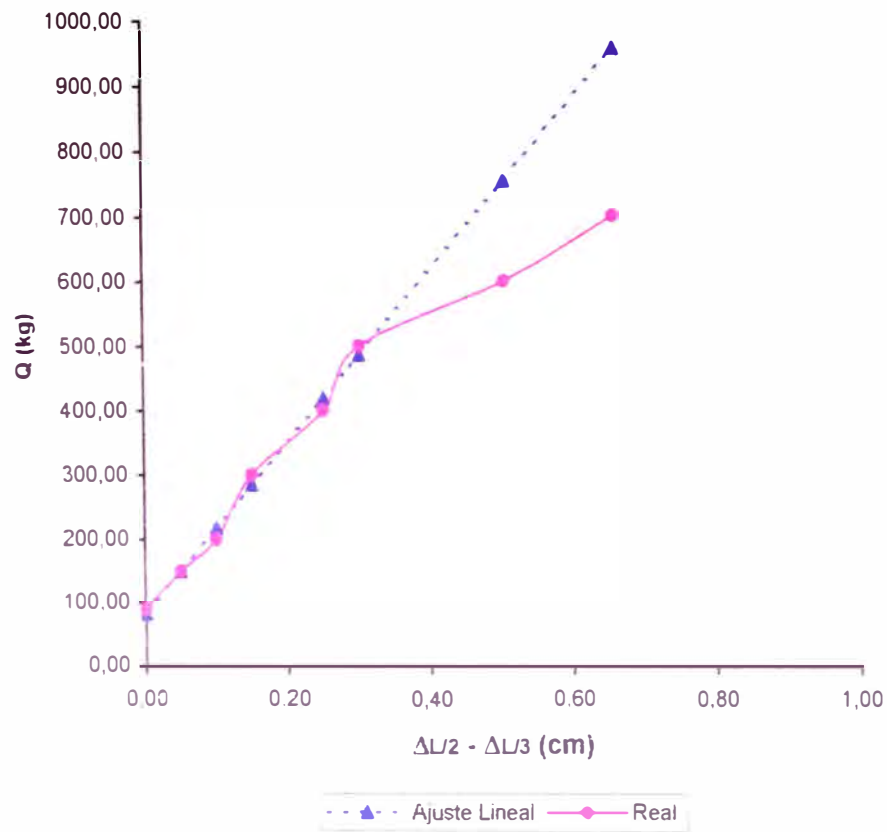
$$r = 0,9953$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	82,90
90	0,00	82,90
150	0,05	150,10
200	0,10	217,31
300	0,15	284,51
400	0,25	418,92
500	0,30	486,13
600	0,50	754,95
700	0,65	956,56
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1344,10$$

$$b (\Delta) = 82,90$$

**VIGA 20: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 21

DIMENSIONES:

B = 4,00 cm

H = 14,00 cm

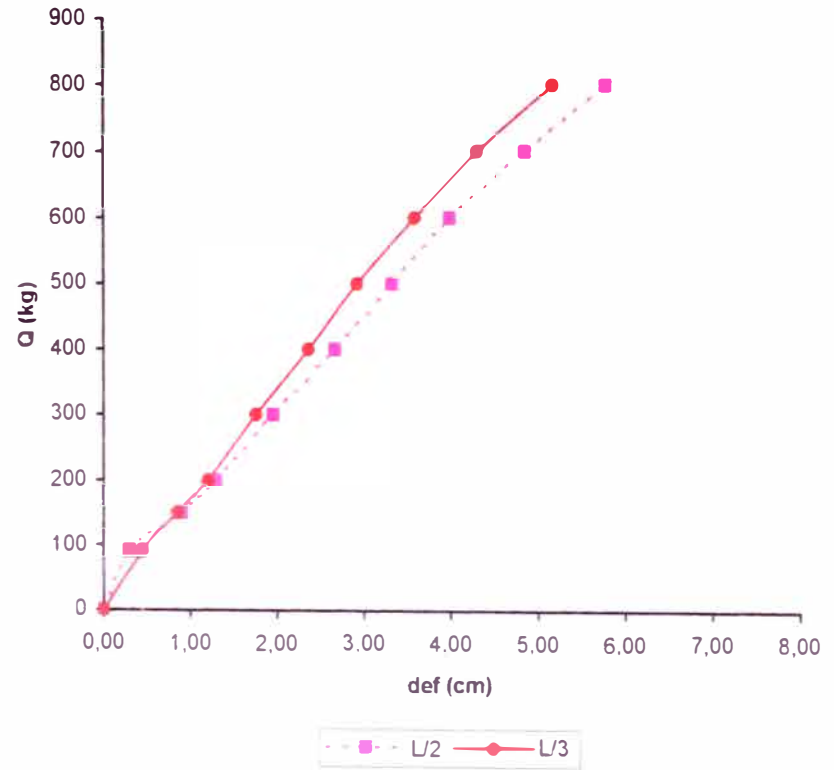
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	7,02	0,00	31,90
90	0,45	82,71	0,30	73,68
150	0,85	149,99	0,90	157,24
200	1,20	208,86	1,30	212,94
300	1,75	301,37	1,95	303,46
400	2,35	402,28	2,65	400,94
500	2,90	494,79	3,30	491,46
600	3,55	604,12	3,95	581,98
700	4,25	721,86	4,80	700,36
800	5,10	864,83	5,70	825,69
900	--	--	--	--

$$\delta p / \delta w (L/3) = 168,20 \quad \delta p / \delta w (L/2) = 139,26$$

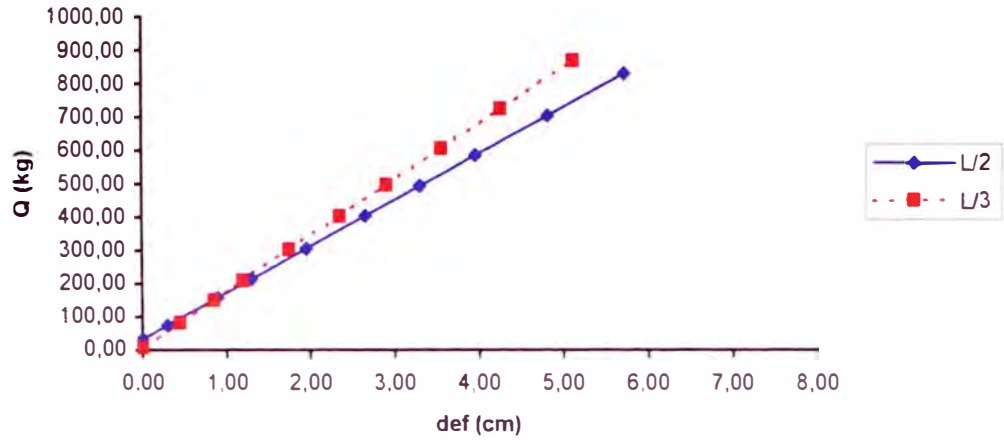
$$b (L/3) = 7,02 \quad b (L/2) = 31,90$$

VIGA 21: Deflexiones observadas (Q vs. def)

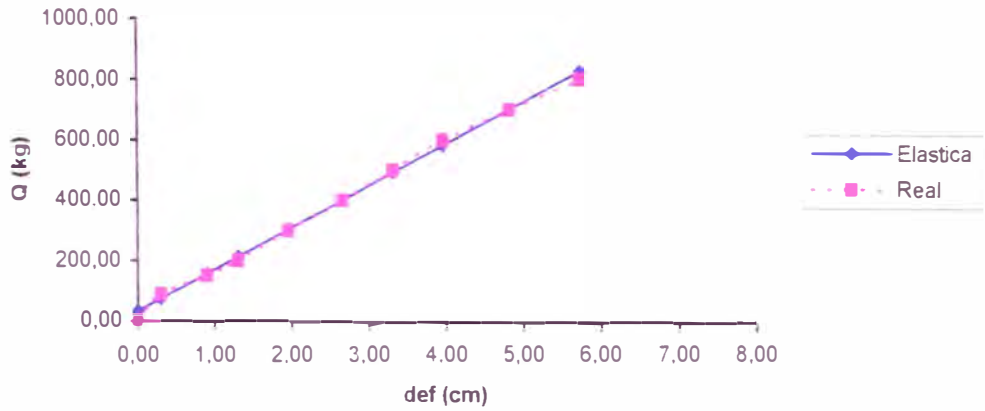




VIGA 21: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 21: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 168,20 \times \text{def} + 7,02$$

$$Q (L/2) = 139,26 \times \text{def} + 31,90$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9993$$

$$r (L/2) = 0,9977$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1141,26 \times \Delta \text{ def} + 82,50$$

Con un coeficiente de correlación:

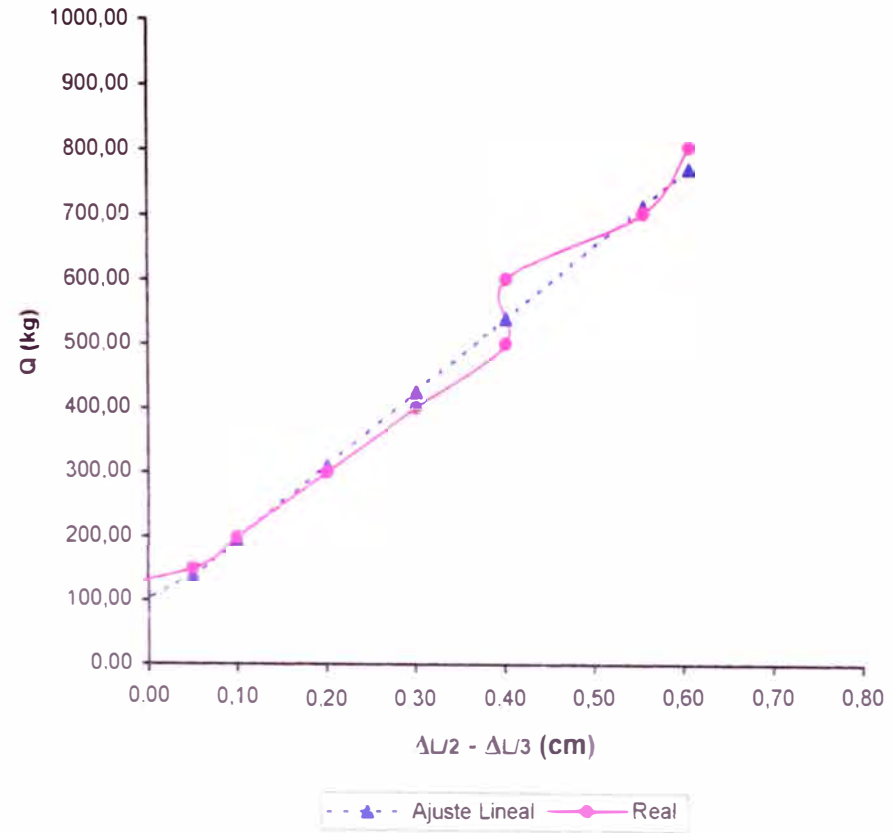
$$r = 0,9798$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	0,00
90	-0,15	0,00
150	0,05	139,56
200	0,10	196,63
300	0,20	310,75
400	0,30	424,88
500	0,40	539,01
600	0,40	539,01
700	0,55	710,20
800	0,60	767,26
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1141,26$$

$$b (\Delta) = 82,50$$

**VIGA 21: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



## GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS VIGA 22

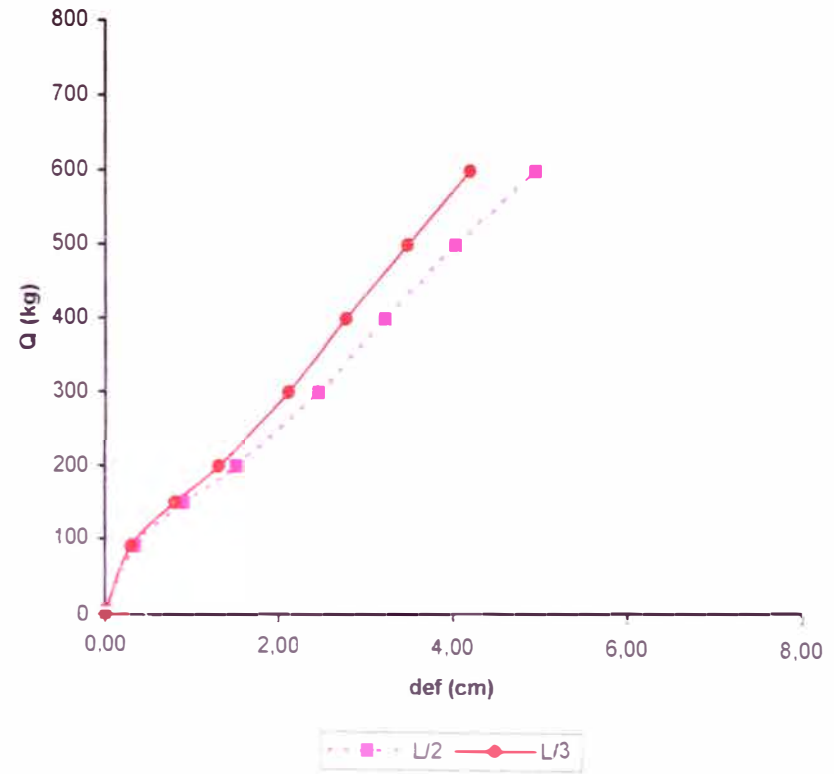
DIMENSIONES:

B = 3,95 cm  
H = 14,00 cm  
L = 300,00 cm

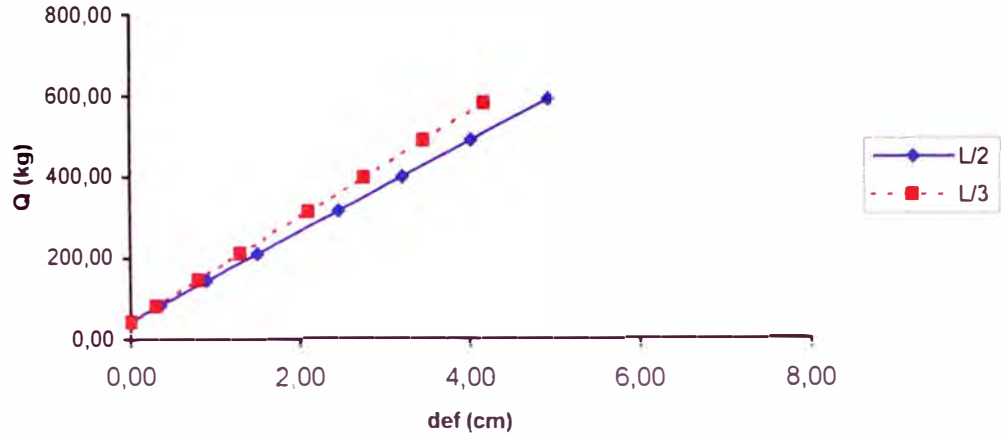
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	41,50	0,00	42,90
90	0,30	80,48	0,35	81,91
150	0,80	145,46	0,90	143,22
200	1,30	210,43	1,50	210,10
300	2,10	314,38	2,45	315,99
400	2,75	398,85	3,20	399,59
500	3,45	489,81	4,00	488,76
600	4,15	580,77	4,90	589,08
700	--	--	--	--
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

$\delta p / \delta w (L/3) = 129,94$        $\delta p / \delta w (L/2) = 111,46$   
 $b (L/3) = 41,50$                        $b (L/2) = 42,90$

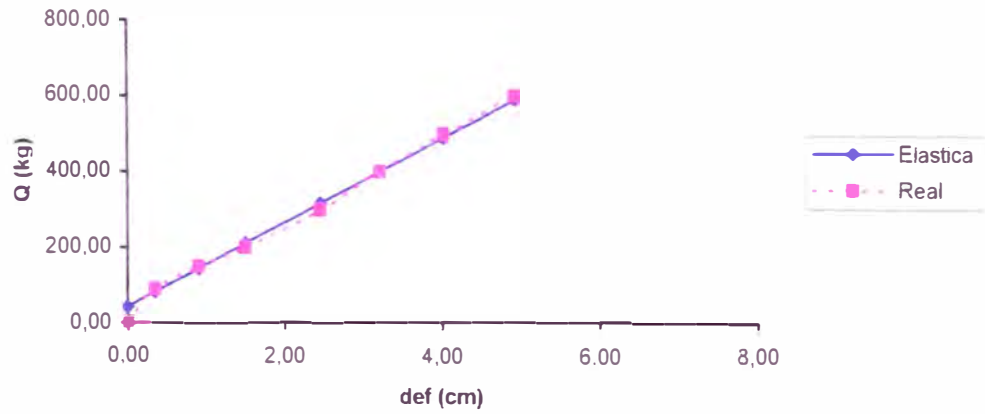
### VIGA 22 Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 22: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 22: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 129,94 \times \text{def} + 41,50$$

$$Q (L/2) = 111,46 \times \text{def} + 42,90$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9978$$

$$r (L/2) = 0,9976$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 859,81 \times \Delta \text{ def} + 16,80$$

Con un coeficiente de correlación:

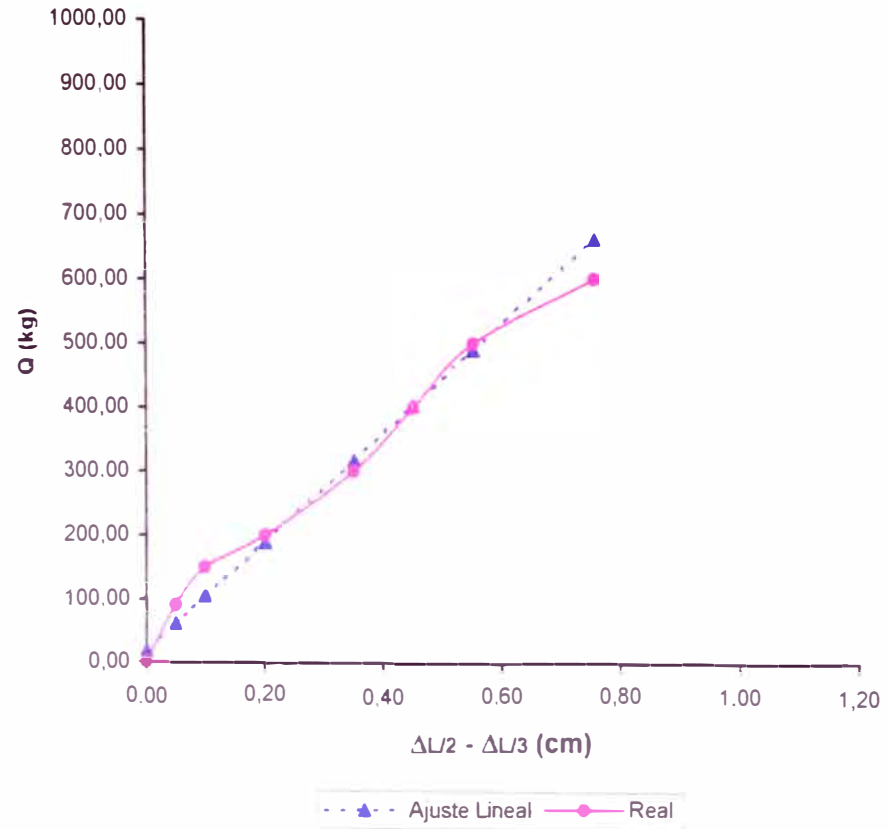
$$r = 0,9944$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	16,80
90	0,05	59,79
150	0,10	102,78
200	0,20	188,76
300	0,35	317,73
400	0,45	403,72
500	0,55	489,70
600	0,75	661,66
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 859,81$$

$$b (\Delta) = 16,80$$

**VIGA 22: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**

**VIGA 23**

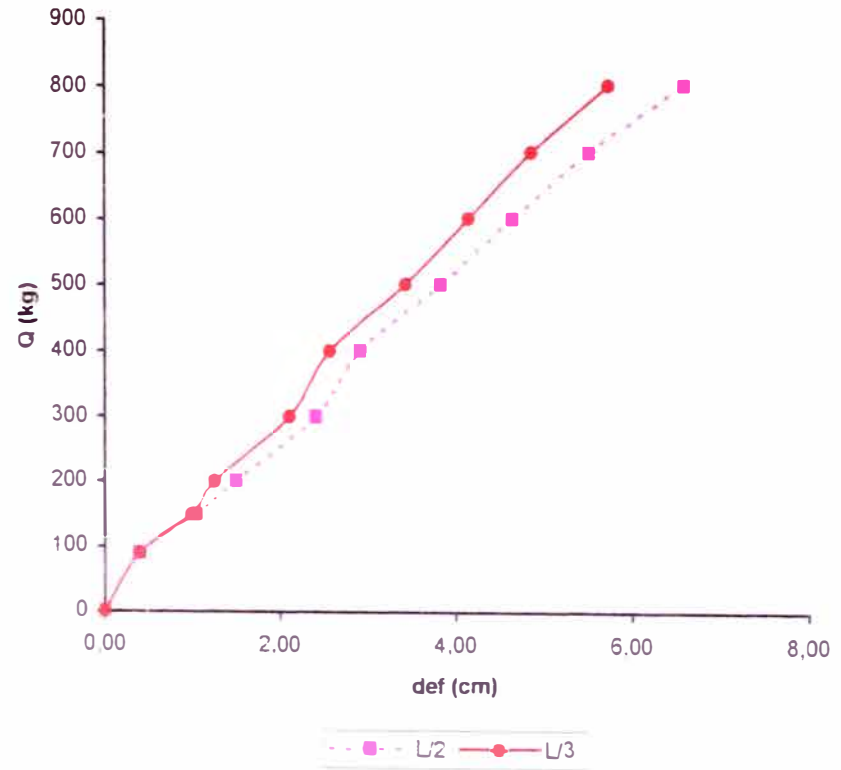
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
 H = 14,05 cm  
 L = 300,00 cm

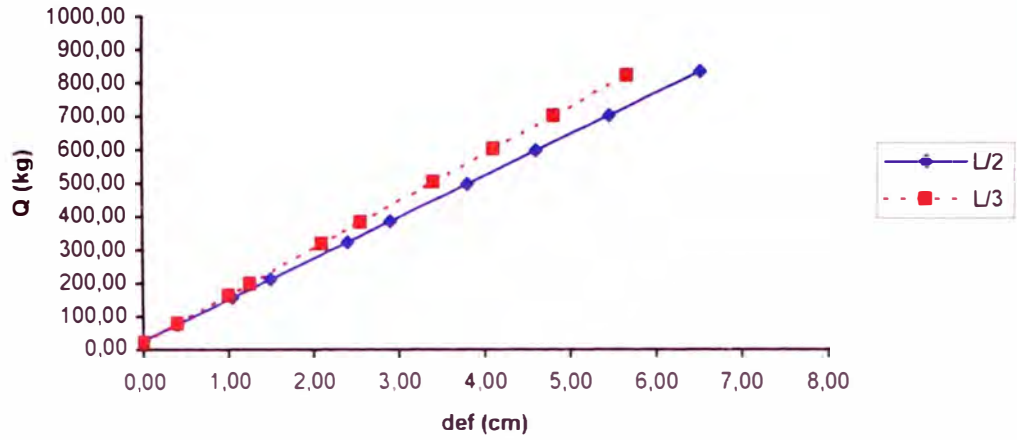
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	22,00	0,00	24,90
90	0,40	78,36	0,40	74,37
150	1,00	162,89	1,05	154,77
200	1,25	198,12	1,50	210,43
300	2,10	317,88	2,40	321,74
400	2,55	381,28	2,90	383,58
500	3,40	501,04	3,80	494,90
600	4,10	599,67	4,60	593,85
700	4,80	698,29	5,45	698,98
800	5,65	818,05	6,50	828,84
900	--	--	--	--

$\delta p/\delta w (L/3) = 140,89$        $\delta p/\delta w (L/2) = 123,68$   
 $b (L/3) = 22,00$                        $b (L/2) = 24,90$

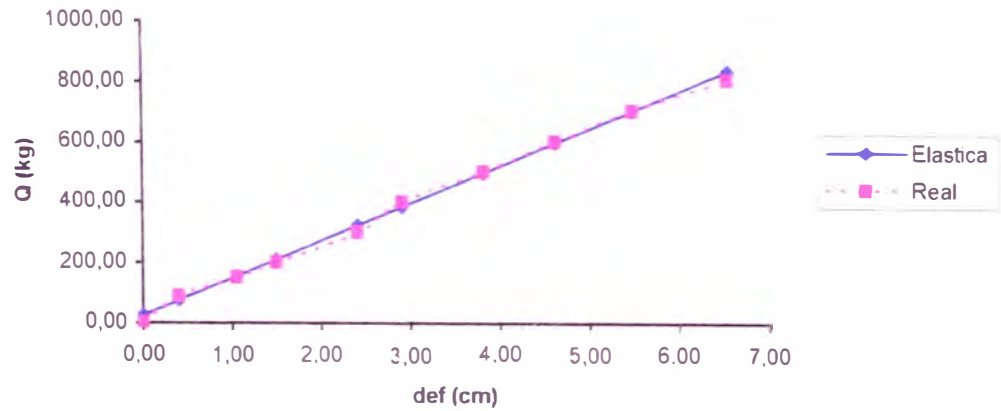
**VIGA 23: Deformaciones observadas (Q vs. def)**



VIGA 23: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 23: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L3) = 140,89 \times \text{def} + 22,00$$

$$Q (L2) = 123,68 \times \text{def} + 24,90$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L3) = 0,9960$$

$$r (L2) = 0,9953$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 1034,54 \times \Delta \text{ def} + 37,60$$

Con un coeficiente de correlación:

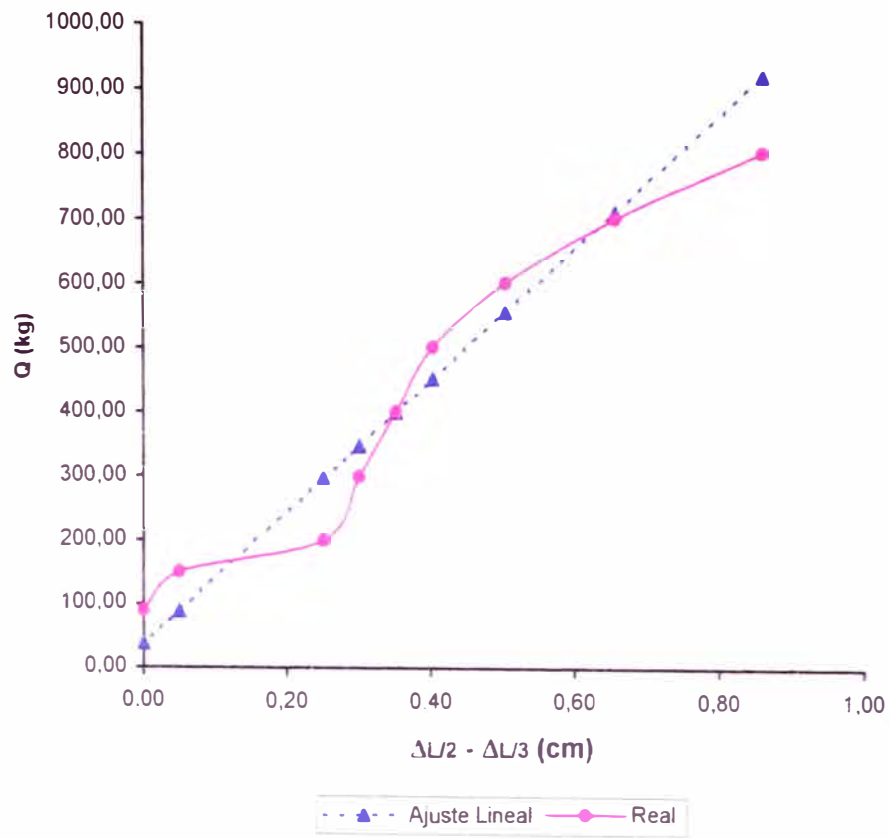
$$r = 0,9601$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	37,60
90	0,00	37,60
150	0,05	89,33
200	0,25	296,23
300	0,30	347,96
400	0,35	399,69
500	0,40	451,42
600	0,50	554,87
700	0,65	710,05
800	0,85	916,96
900	--	--

$$\delta(Q/\Delta) = 1034,54$$

$$b(\Delta) = 37,60$$

**VIGA 23: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**





# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 24

DIMENSIONES:

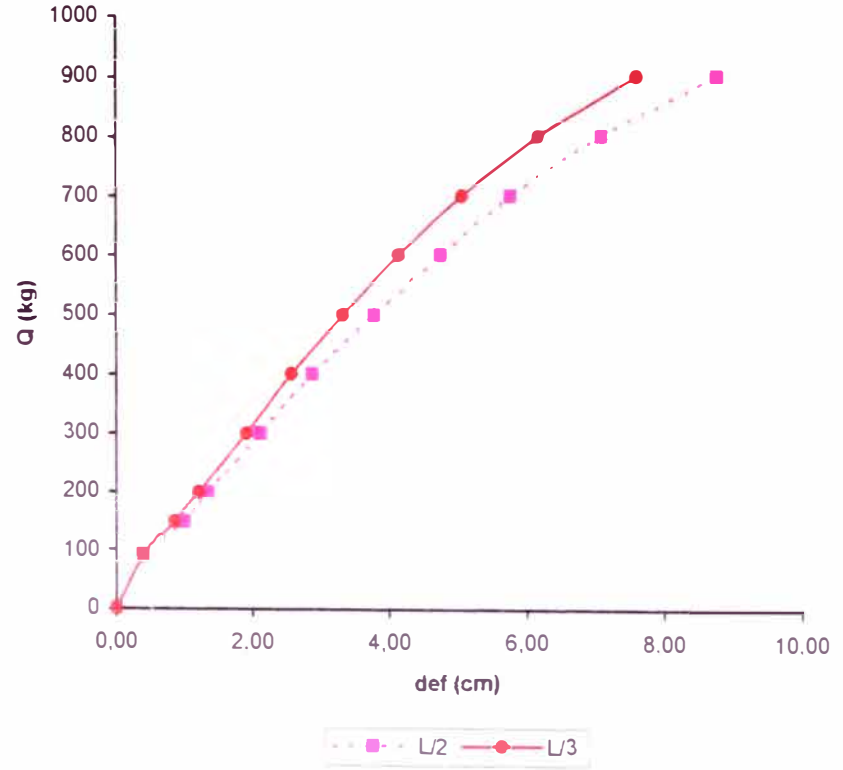
B = 4,00 cm  
 H = 14,00 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	30,30	0,00	33,44
90	0,40	87,48	0,40	83,72
150	0,85	151,80	1,00	159,15
200	1,20	201,83	1,35	203,14
300	1,90	301,89	2,10	297,42
400	2,55	394,80	2,85	391,70
500	3,30	502,00	3,75	504,83
600	4,10	616,36	4,70	624,25
700	5,00	745,00	5,70	749,96
800	6,10	902,24	7,00	913,38
900	7,50	1102,36	8,65	1120,79

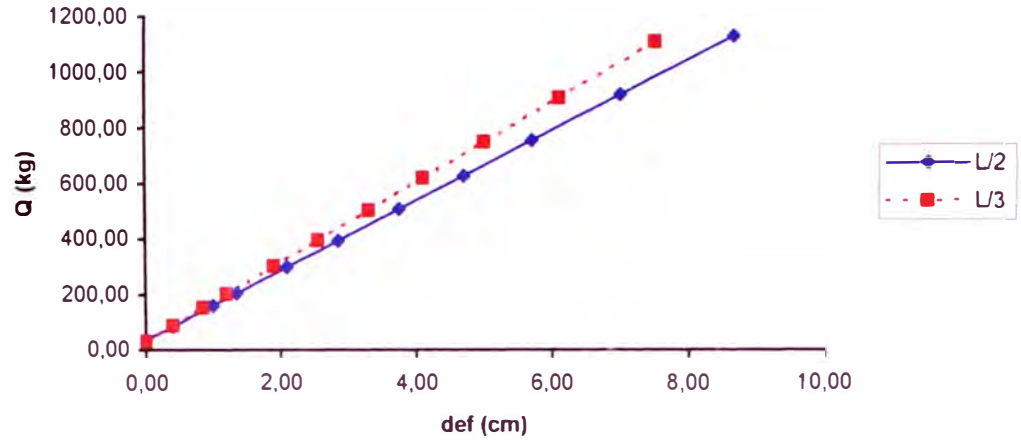
$\delta p/\delta w (L/3) = 142,94$        $\delta p/\delta w (L/2) = 125,71$

$b (L/3) = 30,30$        $b (L/2) = 33,44$

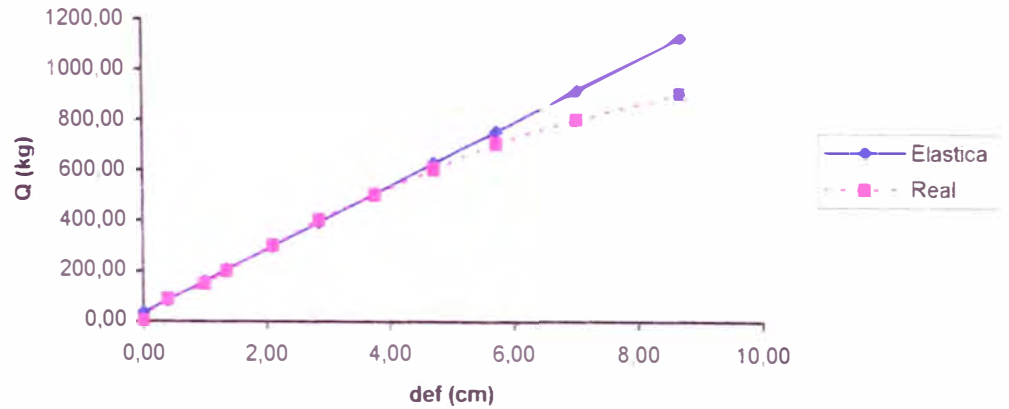
VIGA 24: Deflexiones observadas (Q vs. def)



**VIGA 24: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 24: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 142,94 \times \text{def} + 30,30$$

$$Q (L/2) = 125,71 \times \text{def} + 33,44$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9998$$

$$r (L/2) = 0,9991$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 901,91 \times \Delta \text{ def} + 78,50$$

Con un coeficiente de correlación:

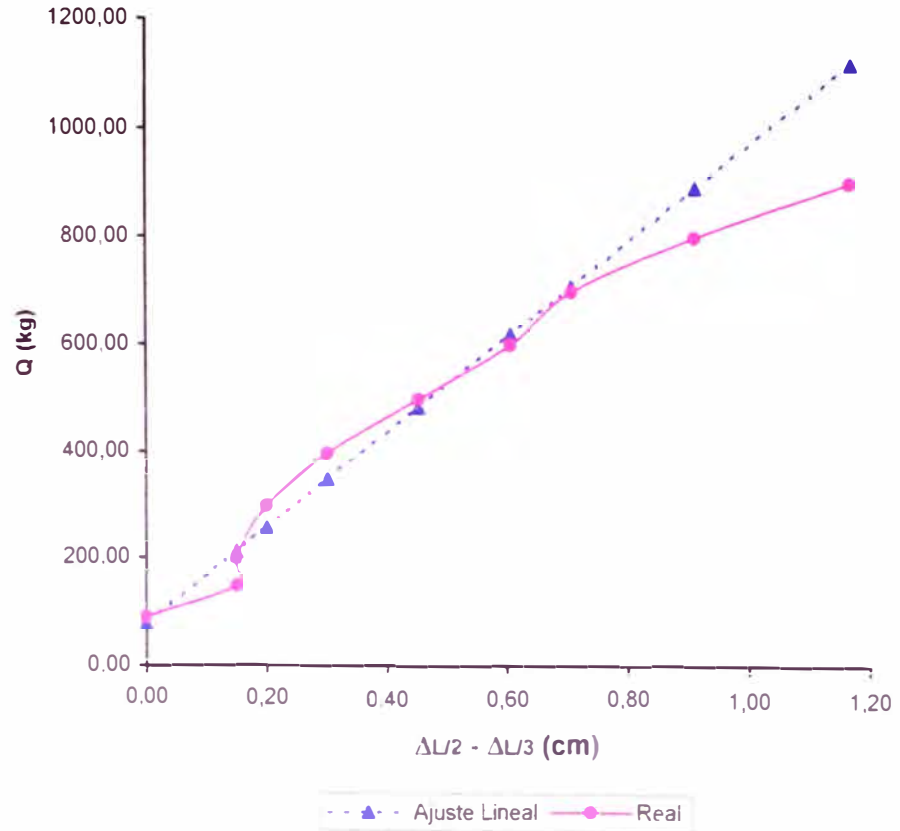
$$r = 0,9814$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	78,50
90	0,00	78,50
150	0,15	213,79
200	0,15	213,79
300	0,20	258,88
400	0,30	349,07
500	0,45	484,36
600	0,60	619,65
700	0,70	709,84
800	0,90	890,22
900	1,15	1111,11

$$\delta (Q/\Delta) = 901,91$$

$$b (\Delta) = 78,50$$

**VIGA 24: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 25

DIMENSIONES:

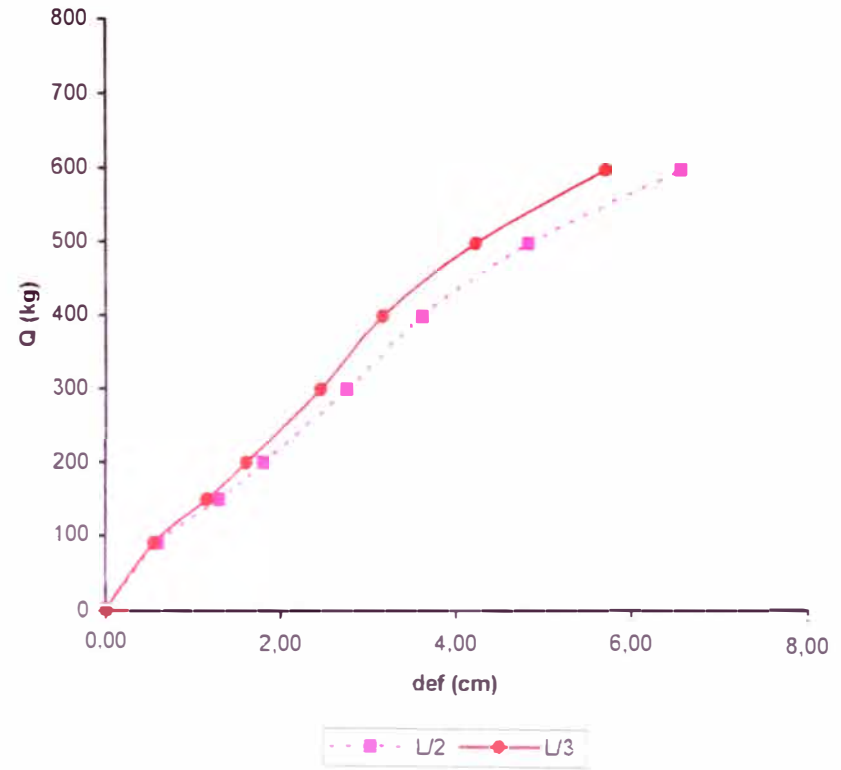
B = 4,00 cm  
 H = 13,40 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	21,20	0,00	24,70
90	0,55	84,71	0,60	84,95
150	1,15	153,99	1,30	155,25
200	1,60	205,95	1,80	205,46
300	2,45	304,09	2,75	300,86
400	3,15	384,92	3,60	386,22
500	4,20	506,16	4,90	506,73
600	5,65	673,59	6,50	677,45
700	--	--	--	--
800				
900				

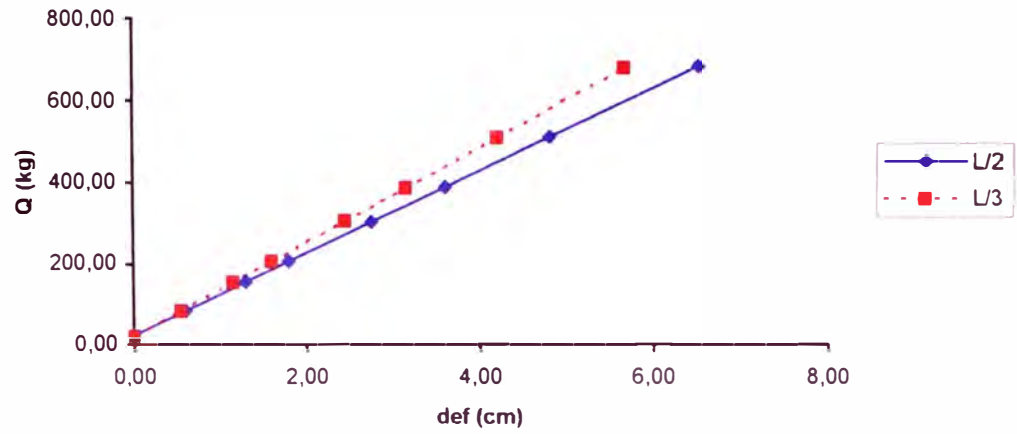
$\delta p / \delta w (L/3) = 115,47$        $\delta p / \delta w (L/2) = 100,42$

$b (L/3) = 21,20$        $b (L/2) = 24,70$

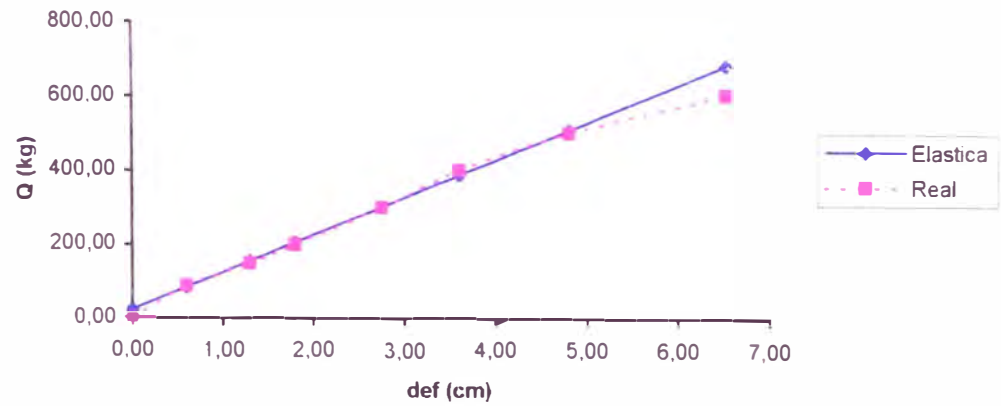
VIGA 25: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 25: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 25: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 115,47 \times \text{def} + 21,20$$

$$Q (L/2) = 100,42 \times \text{def} + 24,70$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9985$$

$$r (L/2) = 0,9987$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE.

$$Q (\Delta) = 846,15 \times \Delta \text{ def} + 36,90$$

Con un coeficiente de correlación:

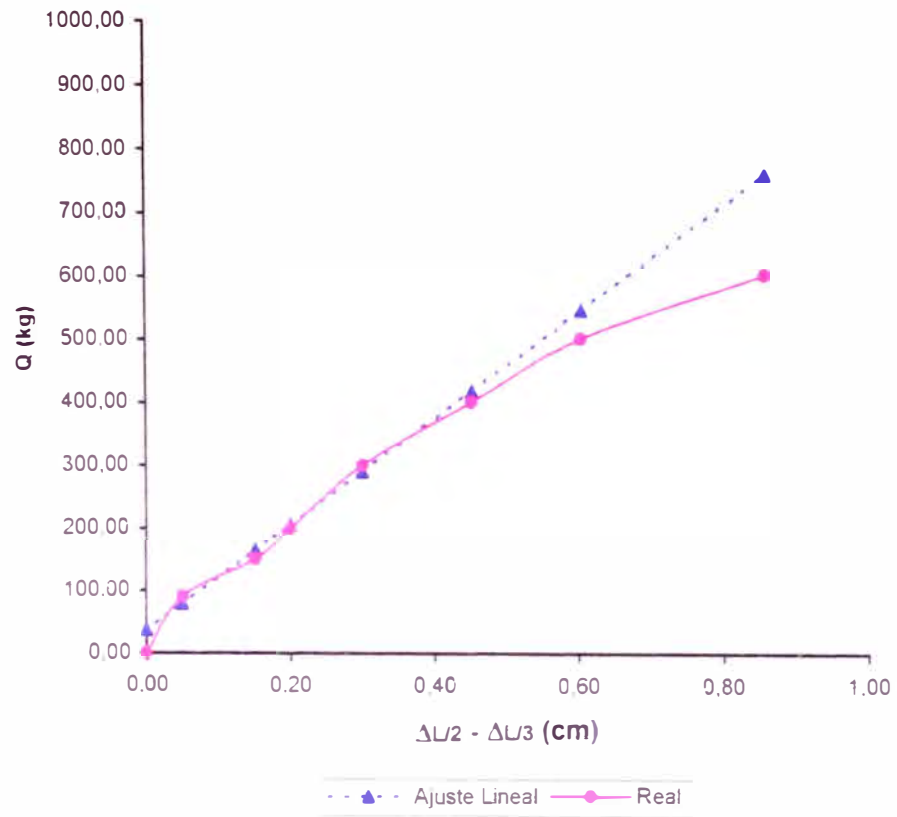
$$r = 0,9909$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	36,90
90	0,05	79,21
150	0,15	163,82
200	0,20	206,13
300	0,30	290,75
400	0,45	417,67
500	0,60	544,59
600	0,85	756,13
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 846,15$$

$$b (\Delta) = 36,90$$

**VIGA 25: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**

**VIGA 26**

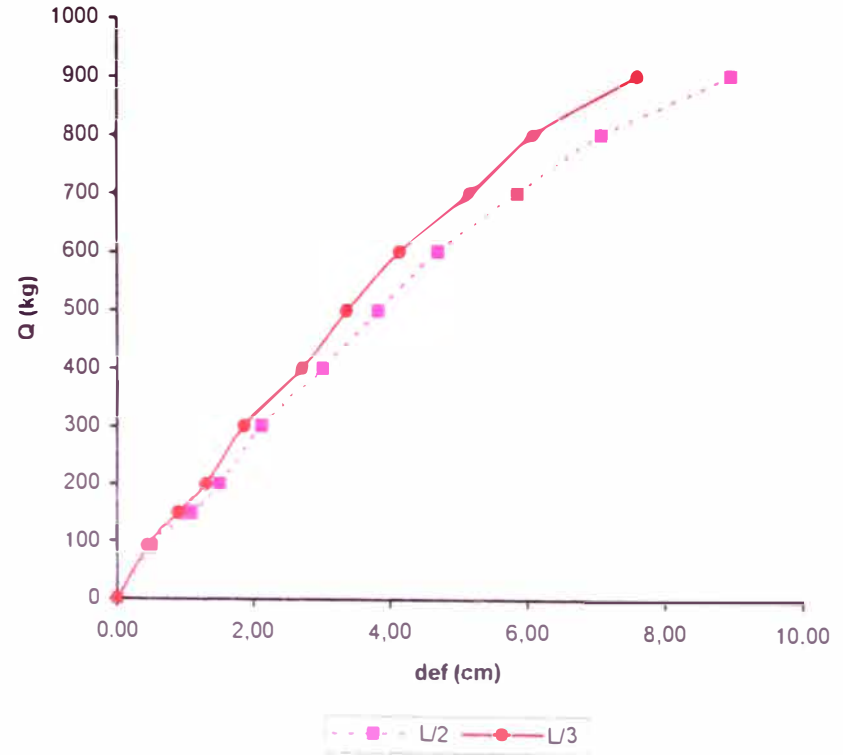
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
 H = 13,80 cm  
 L = 300,00 cm

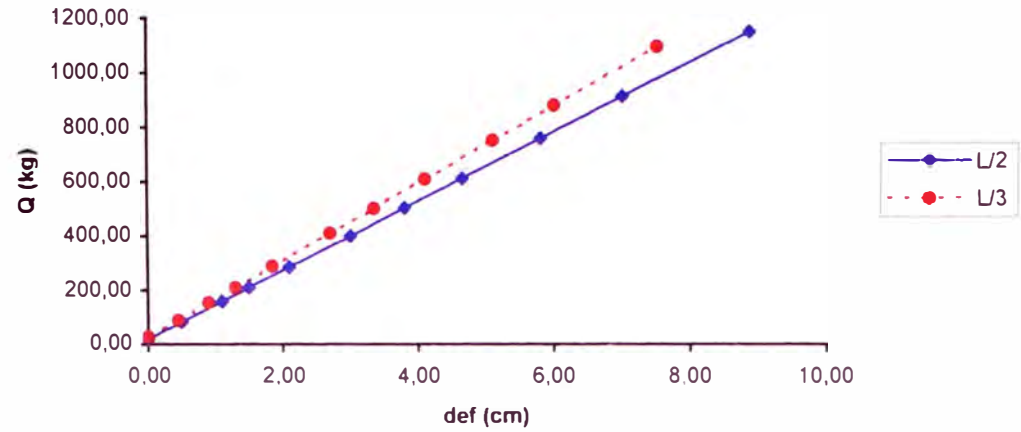
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	25,30	0,00	17,90
90	0,45	89,01	0,50	81,39
150	0,90	152,73	1,10	157,58
200	1,30	209,36	1,50	208,38
300	1,85	287,23	2,10	284,57
400	2,70	407,58	3,00	398,85
500	3,35	499,61	3,80	500,44
600	4,10	605,79	4,65	608,38
700	5,10	747,38	5,80	754,41
800	6,00	874,80	7,00	906,79
900	7,50	1087,18	8,85	1141,71

$\delta p/\delta w (L/3) = 141,58$        $\delta p/\delta w (L/2) = 126,98$   
 $b (L/3) = 25,30$                        $b (L/2) = 17,90$

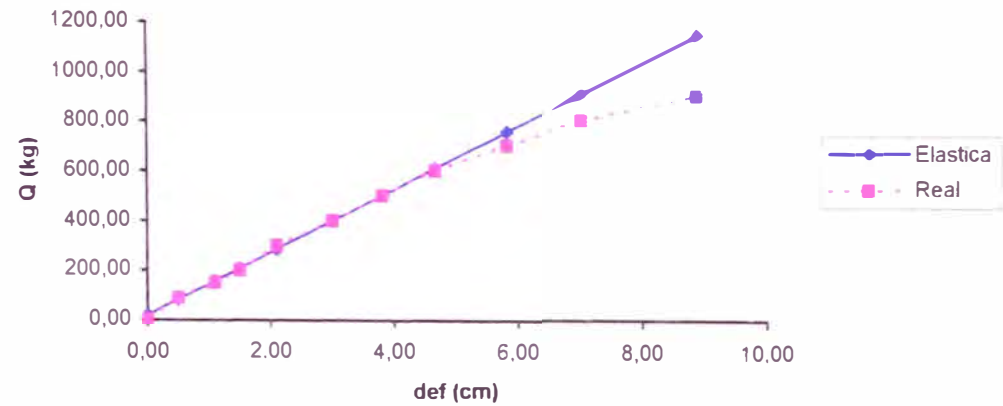
**VIGA 26: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



VIGA 26: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 26: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 141,58 \times \text{def} + 25,3$$

$$Q (L/2) = 126,98 \times \text{def} + 17,90$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9987$$

$$r (L/2) = 0,9982$$



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1094,49 \times \Delta \text{ def} + 7,28$$

Con un coeficiente de correlación:

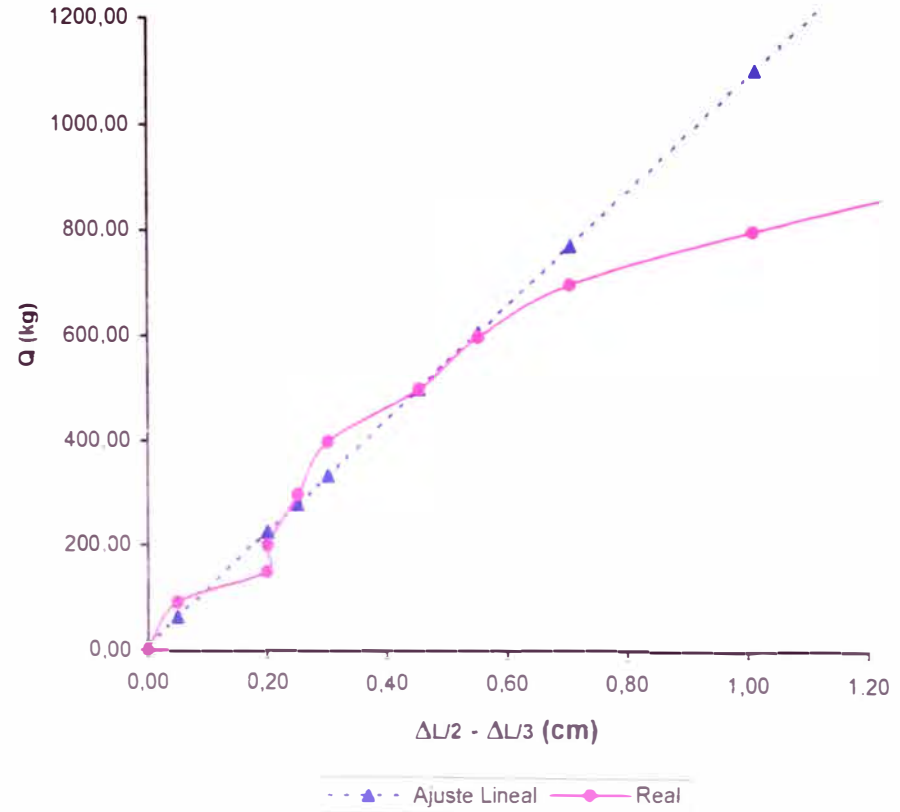
$$r = 0,9719$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	7,28
90	0,05	62,00
150	0,20	226,18
200	0,20	226,18
300	0,25	280,90
400	0,30	335,63
500	0,45	499,80
600	0,55	609,25
700	0,70	773,42
800	1,00	1101,77
900	1,35	1484,84

$$\delta (Q/\Delta) = 1094,49$$

$$b (\Delta) = 7,28$$

**VIGA 26: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 27**

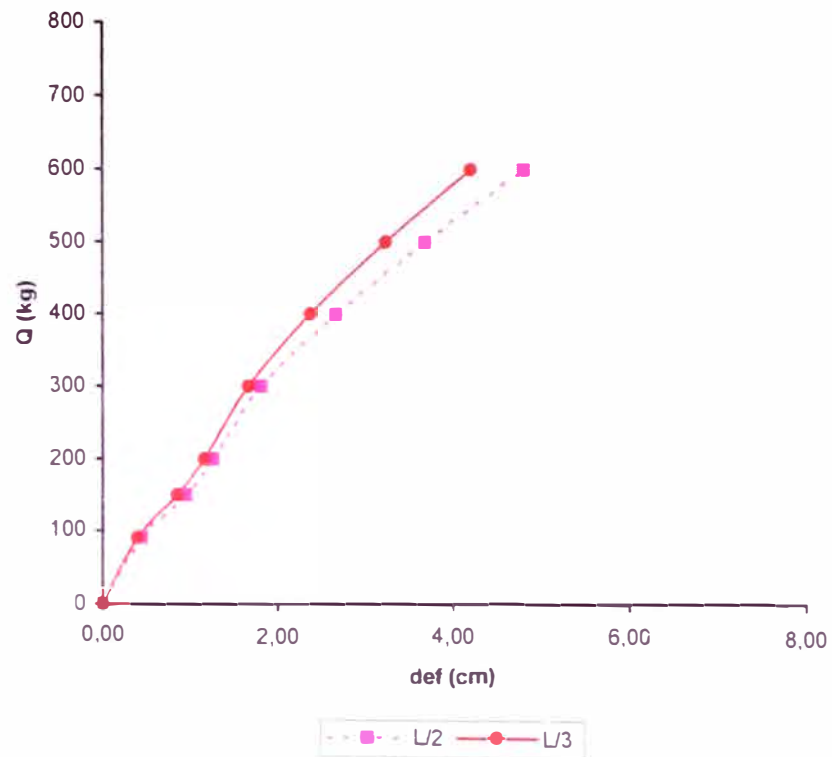
DIMENSIONES:

B = 4,05 cm  
H = 14,00 cm  
L = 300,00 cm

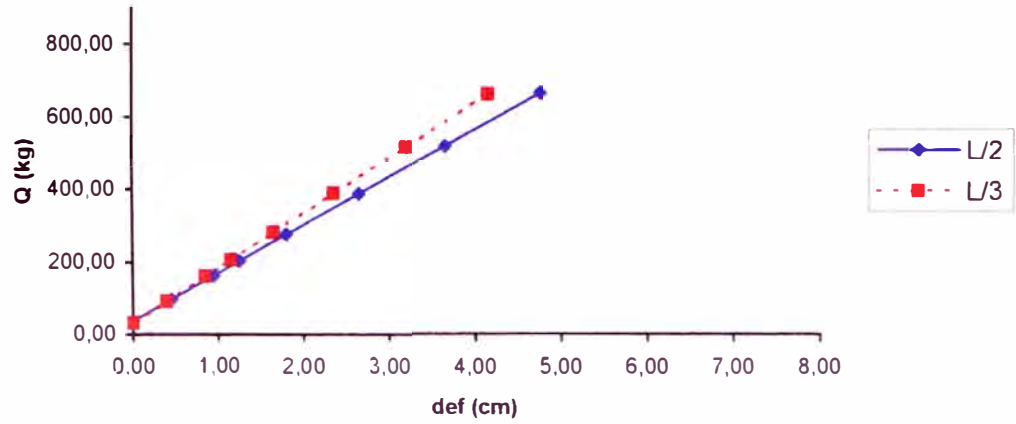
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	31,83	0,00	37,60
90	0,40	92,21	0,45	96,79
150	0,85	160,13	0,95	162,55
200	1,15	205,41	1,25	202,01
300	1,65	280,88	1,80	274,35
400	2,35	386,53	2,65	386,15
500	3,20	514,83	3,65	517,68
600	4,15	658,22	4,75	662,37
700	--	--	--	--
800				
900				

$\delta p/\delta w (L/3) = 150,94$        $\delta p/\delta w (L/2) = 131,53$   
 $b (L/3) = 31,83$                        $b (L/2) = 37,60$

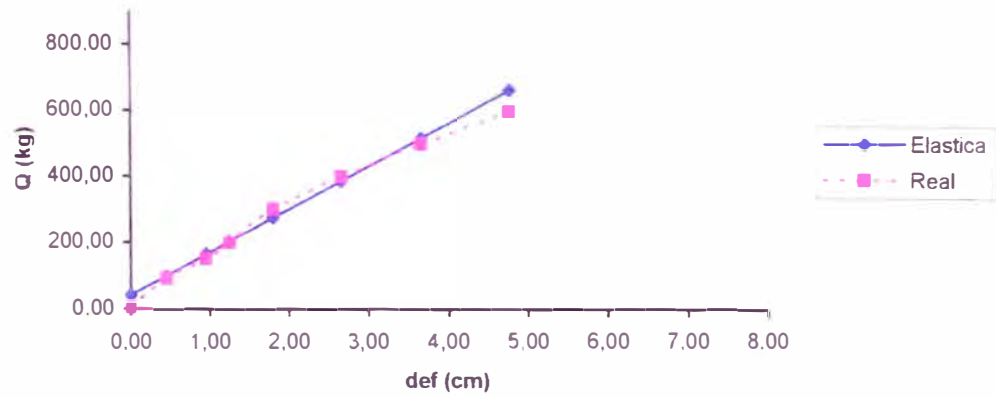
**VIGA 27: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



VIGA 27: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 27: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 150,94 \times \text{def} + 31,8$$

$$Q (L/2) = 131,53 \times \text{def} + 37,60$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9963$$

$$r (L/2) = 0,9944$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1213,51 \times \Delta \text{ def} + 58,10$$

Con un coeficiente de correlación:

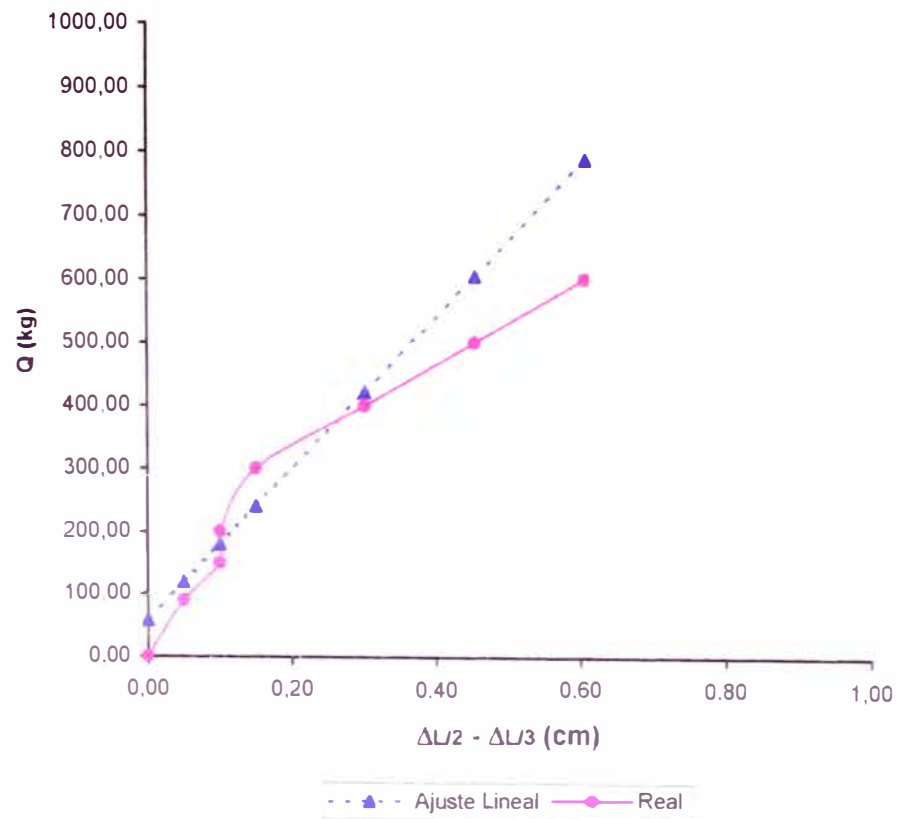
$$r = 0,9734$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	58,10
90	0,05	118,78
150	0,10	179,45
200	0,10	179,45
300	0,15	240,13
400	0,30	422,15
500	0,45	604,18
600	0,60	786,21
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1213,51$$

$$b (\Delta) = 58,10$$

**VIGA 27: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 28**

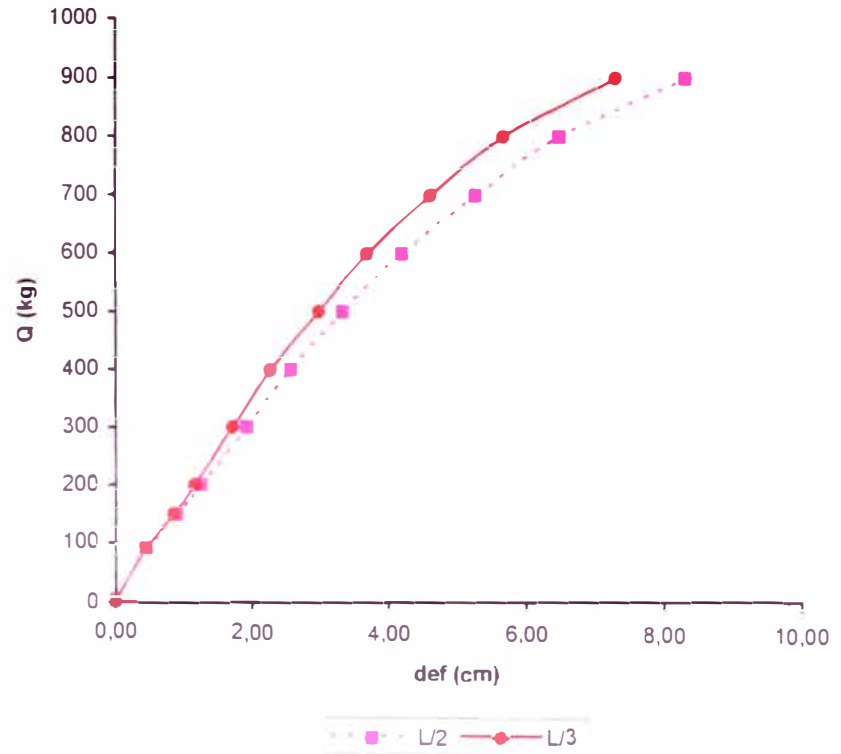
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
H = 14,00 cm  
L = 300,00 cm

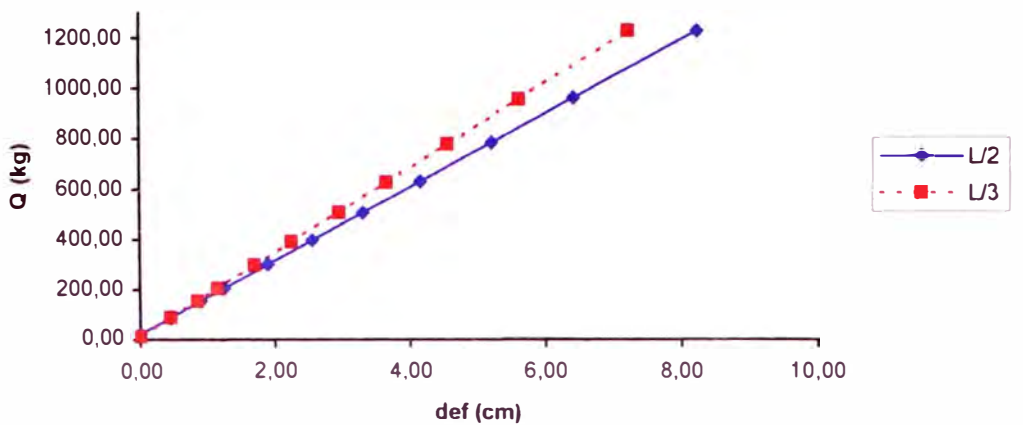
CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	11,60	0,00	21,20
90	0,45	87,15	0,45	86,97
150	0,85	154,31	0,90	152,73
200	1,15	204,68	1,25	203,88
300	1,70	297,02	1,90	298,88
400	2,25	389,36	2,55	393,87
500	2,95	506,89	3,30	503,48
600	3,65	624,42	4,15	627,70
700	4,55	775,52	5,20	781,16
800	5,60	951,81	6,40	956,53
900	7,20	1220,44	8,20	1219,59

$\delta p/\delta w (L/3) = 167,89$        $\delta p/\delta w (L/2) = 146,15$   
 $b (L/3) = 11,60$                        $b (L/2) = 21,20$

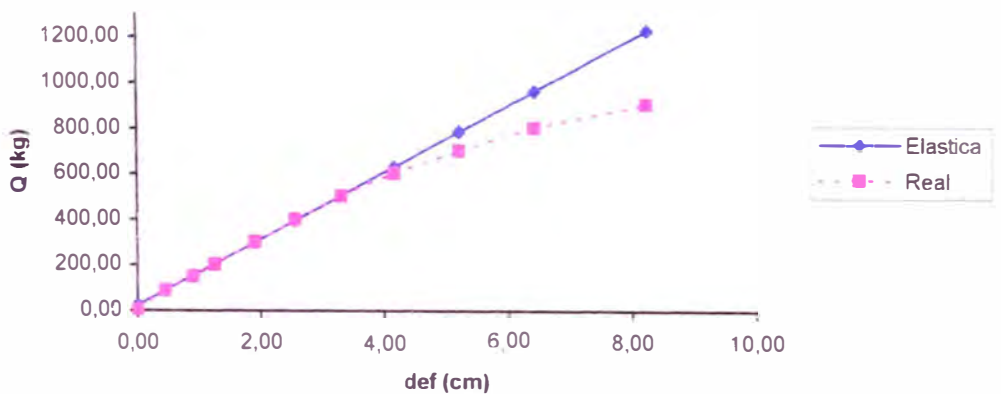
**VIGA 28: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



VIGA 28: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 28: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 167,89 \times \text{def} + 11,6$$

$$Q (L/2) = 146,15 \times \text{def} + 21,20$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9991$$

$$r (L/2) = 0,9997$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 1110,17 \times \Delta \text{ def} + 88,30$$

Con un coeficiente de correlación:

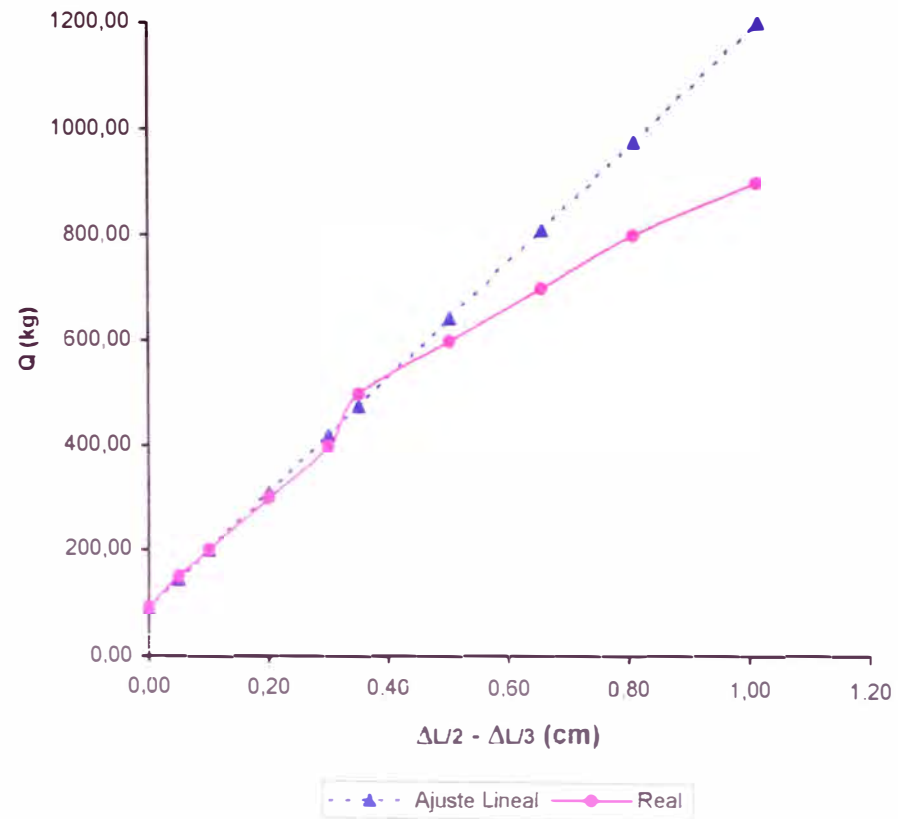
$$r = 0,9953$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	88,30
90	0,00	88,30
150	0,05	143,81
200	0,10	199,32
300	0,20	310,33
400	0,30	421,35
500	0,35	476,86
600	0,50	643,38
700	0,65	809,91
800	0,80	976,44
900	1,00	1198,47

$$\delta (Q/\Delta) = 1110,17$$

$$b(\Delta) = 88,30$$

**VIGA 28: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**VIGA 29**

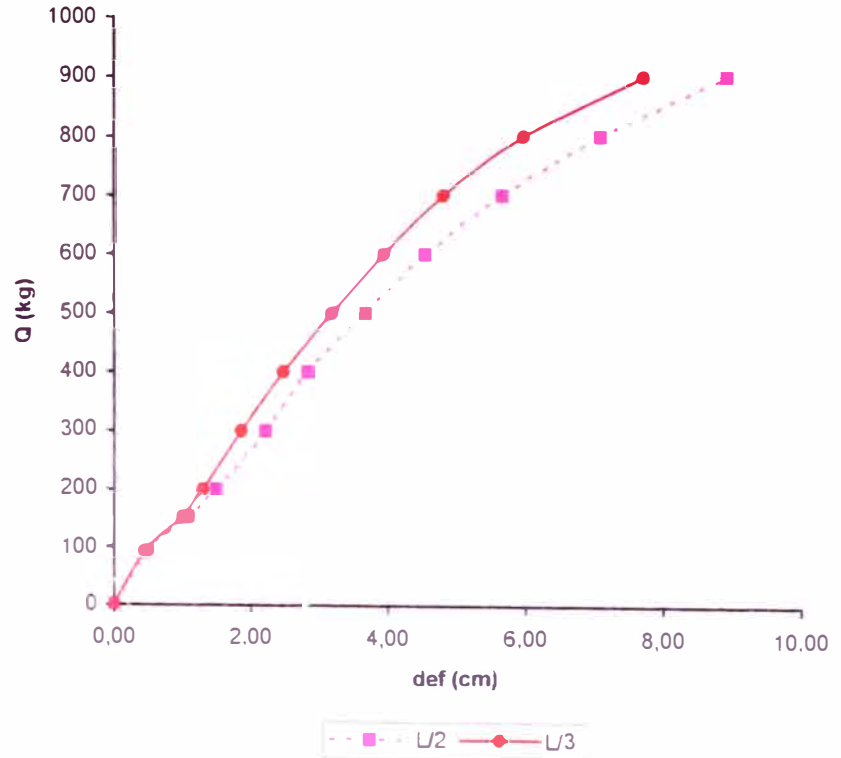
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
 H = 14,00 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	5,32	0,00	9,38
90	0,45	76,26	0,50	76,77
150	1,00	162,97	1,10	157,64
200	1,30	210,27	1,50	211,56
300	1,85	296,98	2,20	305,90
400	2,45	391,57	2,80	386,78
500	3,15	501,93	3,65	501,34
600	3,90	620,17	4,50	615,91
700	4,75	754,17	5,60	764,17
800	5,90	935,47	7,00	952,87
900	7,60	1203,48	8,80	1195,48

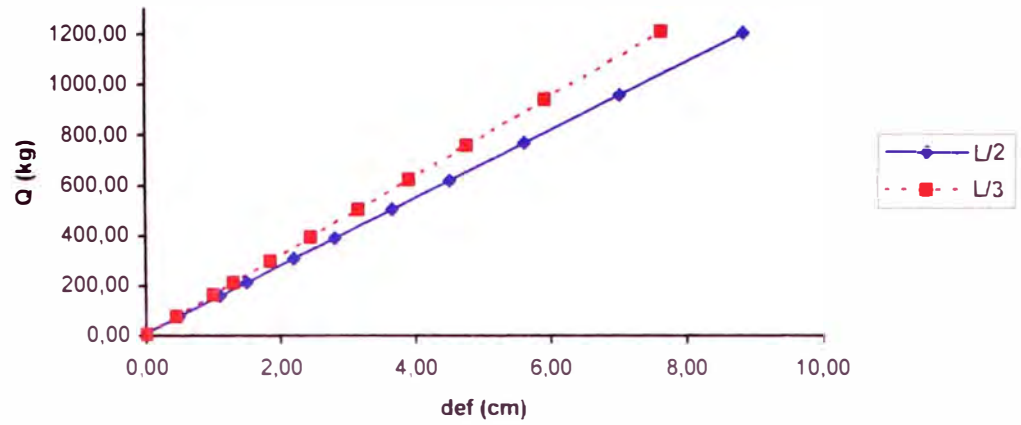
$\delta p / \delta w (L/3) = 157,65$        $\delta p / \delta w (L/2) = 134,78$   
 $b (L/3) = 5,32$                        $b (L/2) = 9,38$

**VIGA 29: Deflexiones observadas (Q vs. def)**

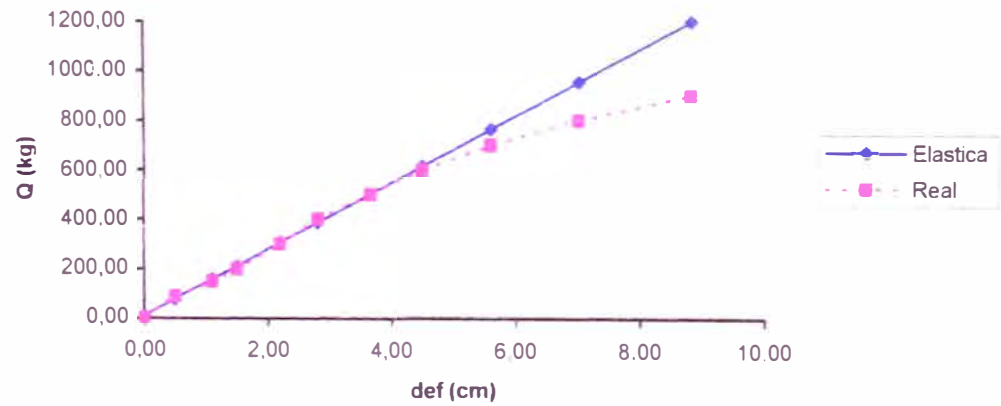




VIGA 29: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 29: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 157,65 \times \text{def} + 5,3$$

$$Q (L/2) = 134,78 \times \text{def} + 9,38$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9978$$

$$r (L/2) = 0,9976$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 916,47 \times \Delta \text{ def} + 38,50$$

Con un coeficiente de correlación:

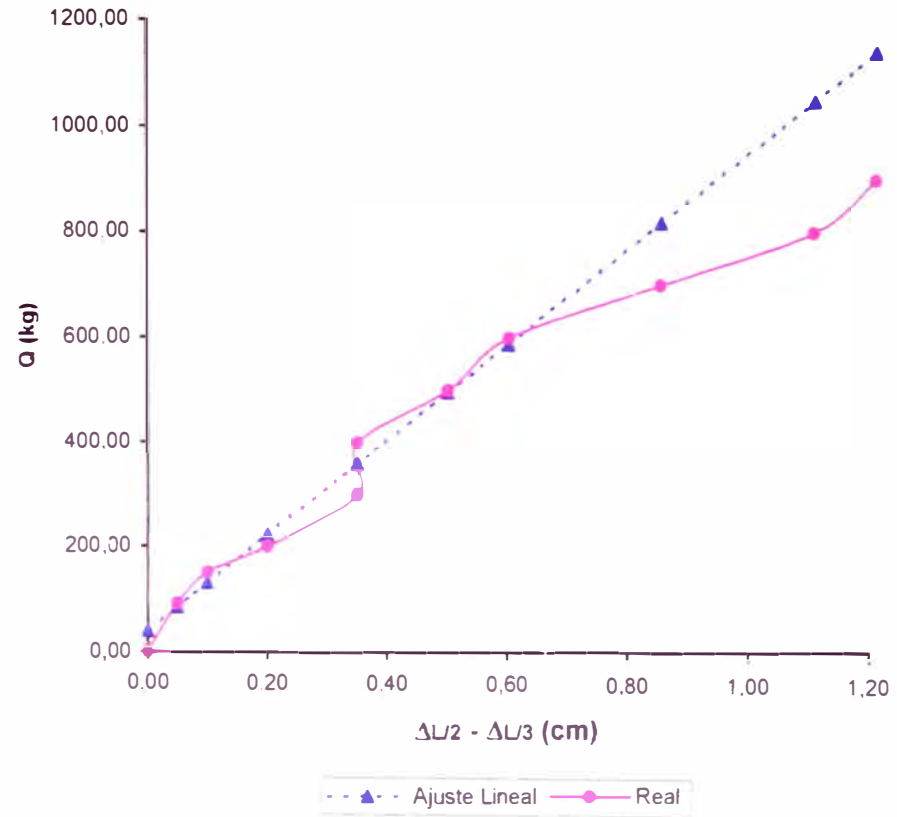
$$r = 0,9853$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	38,50
90	0,05	84,32
150	0,10	130,15
200	0,20	221,79
300	0,35	359,27
400	0,35	359,27
500	0,50	496,74
600	0,60	588,38
700	0,85	817,50
800	1,10	1046,62
900	1,20	1138,27

$$\delta (Q/\Delta) = 916,47$$

$$b(\Delta) = 38,50$$

**VIGA 29: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 30**

DIMENSIONES:

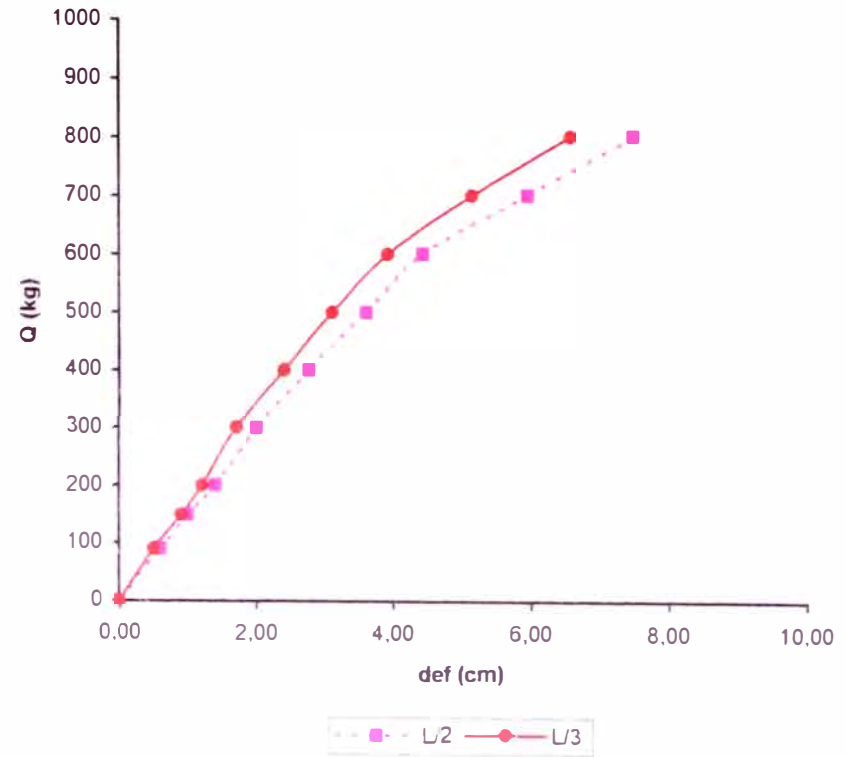
B = 3,95 cm  
H = 14,10 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	11,70	0,00	11,50
90	0,50	91,78	0,60	94,52
150	0,90	155,85	1,00	149,86
200	1,20	203,90	1,40	205,21
300	1,70	283,99	2,00	288,23
400	2,40	396,10	2,75	392,00
500	3,10	508,22	3,60	509,61
600	3,90	636,36	4,40	620,30
700	5,10	828,56	5,90	827,85
800	6,50	1052,79	7,40	1035,39
900	--	--	--	--

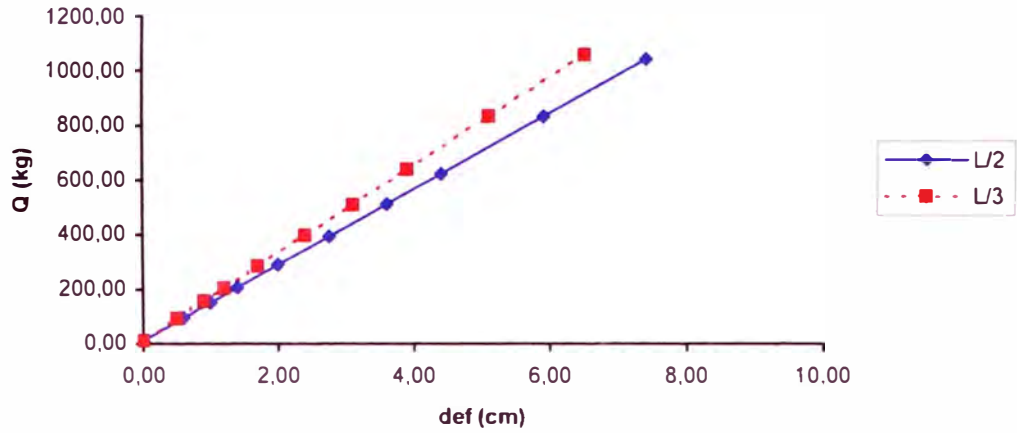
$\delta p / \delta w (L/3) = 160,17$        $\delta p / \delta w (L/2) = 138,36$

$b (L/3) = 11,70$        $b (L/2) = 11,50$

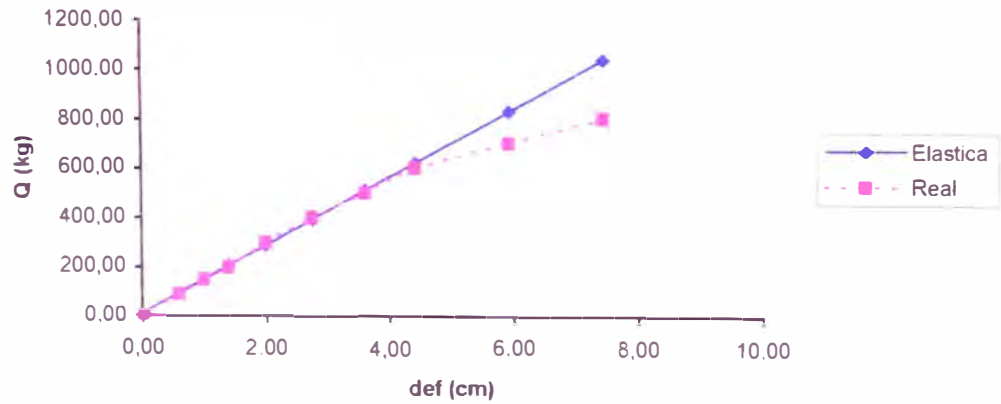
**VIGA 30: Deflexiones observadas (Q vs. def)**



VIGA 30: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 30: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 160,17 \times \text{def} + 11,70$$

$$Q (L/2) = 138,36 \times \text{def} + 11,50$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9984$$

$$r (L/2) = 0,9986$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1092,12 \times \Delta \text{ def} + 0,16$$

Con un coeficiente de correlación:

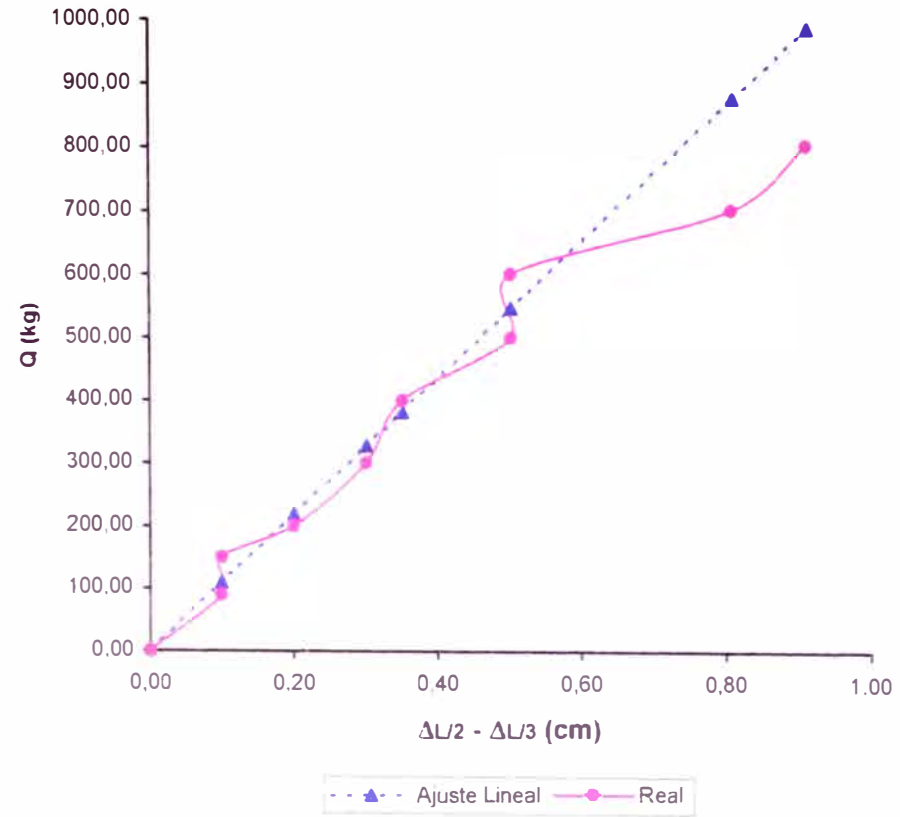
$$r = 0,9800$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	0,16
90	0,10	109,37
150	0,10	109,37
200	0,20	218,58
300	0,30	327,79
400	0,35	382,40
500	0,50	546,22
600	0,50	546,22
700	0,80	873,85
800	0,90	983,06
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1092,12$$

$$b (\Delta) = 0,16$$

**VIGA 30: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 31

DIMENSIONES:

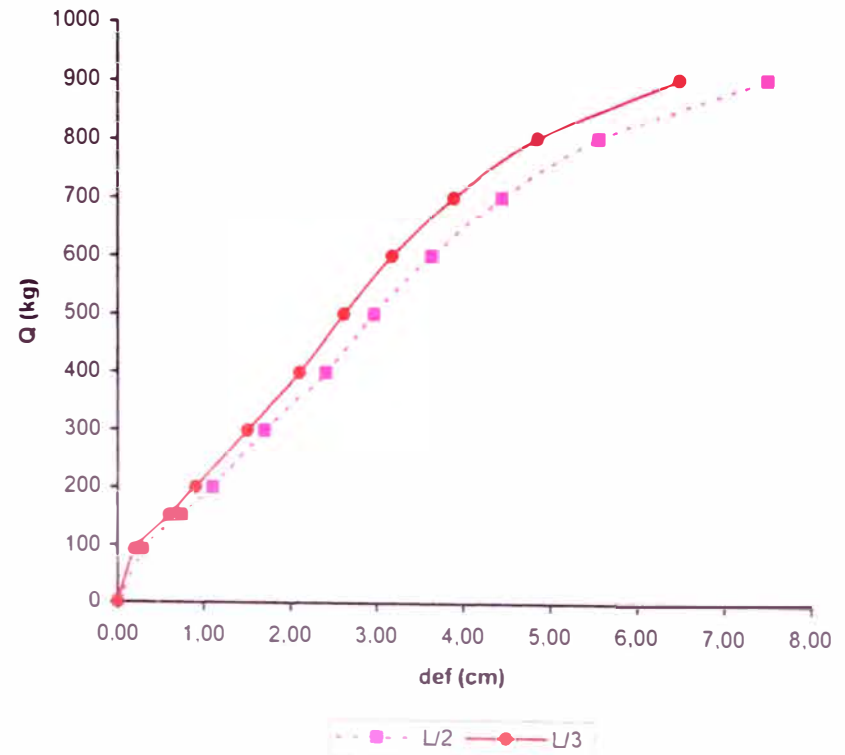
B = 3,95 cm  
 H = 14,05 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	49,50	0,00	36,20
90	0,20	83,49	0,30	82,58
150	0,60	151,48	0,75	152,16
200	0,90	202,47	1,10	206,28
300	1,50	304,45	1,70	299,05
400	2,10	406,43	2,40	407,28
500	2,60	491,41	2,95	492,32
600	3,15	584,89	3,60	592,82
700	3,85	703,86	4,40	716,51
800	4,80	865,33	5,50	886,59
900	6,40	1137,27	7,40	1180,36

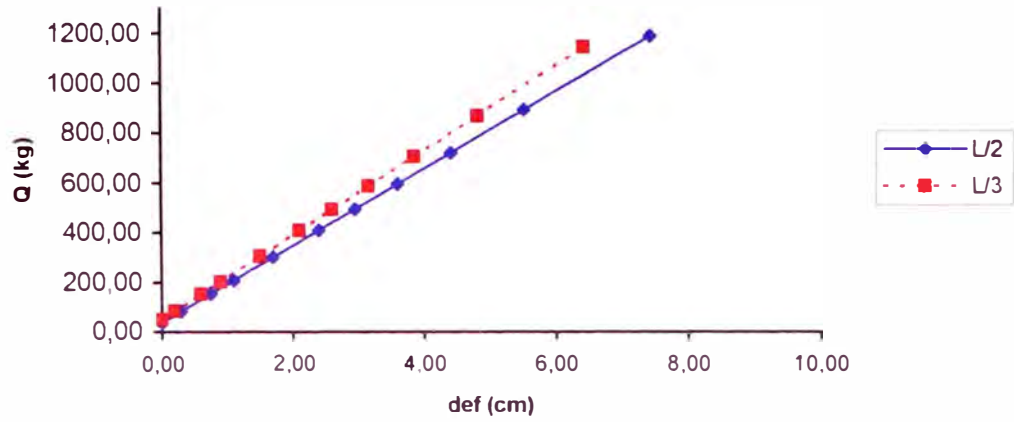
$\delta p / \delta w (L/3) = 169,96$        $\delta p / \delta w (L/2) = 154,62$

$b (L/3) = 49,50$        $b (L/2) = 36,20$

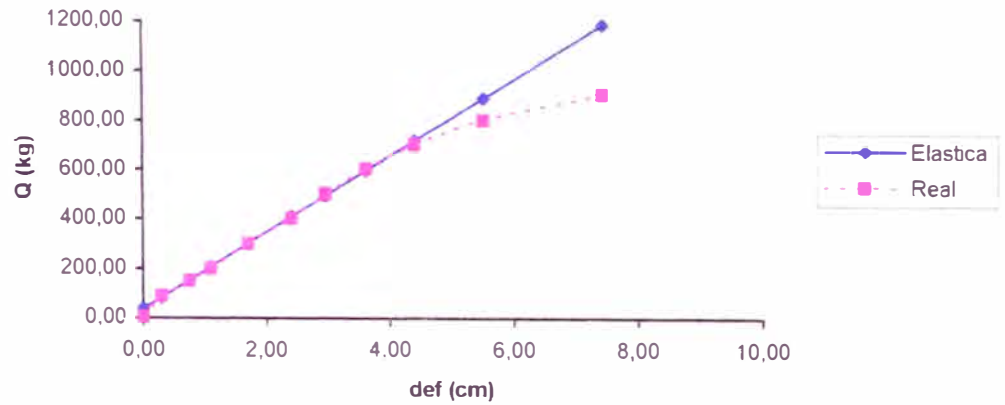
VIGA 31 Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 31: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)



VIGA 31: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 169,96 \times \text{def} + 49,50$$

$$Q (L/2) = 154,62 \times \text{def} + 36,20$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9992$$

$$r (L/2) = 0,9991$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1375,00 \times \Delta \text{ def} + -25,00$$

Con un coeficiente de correlación:

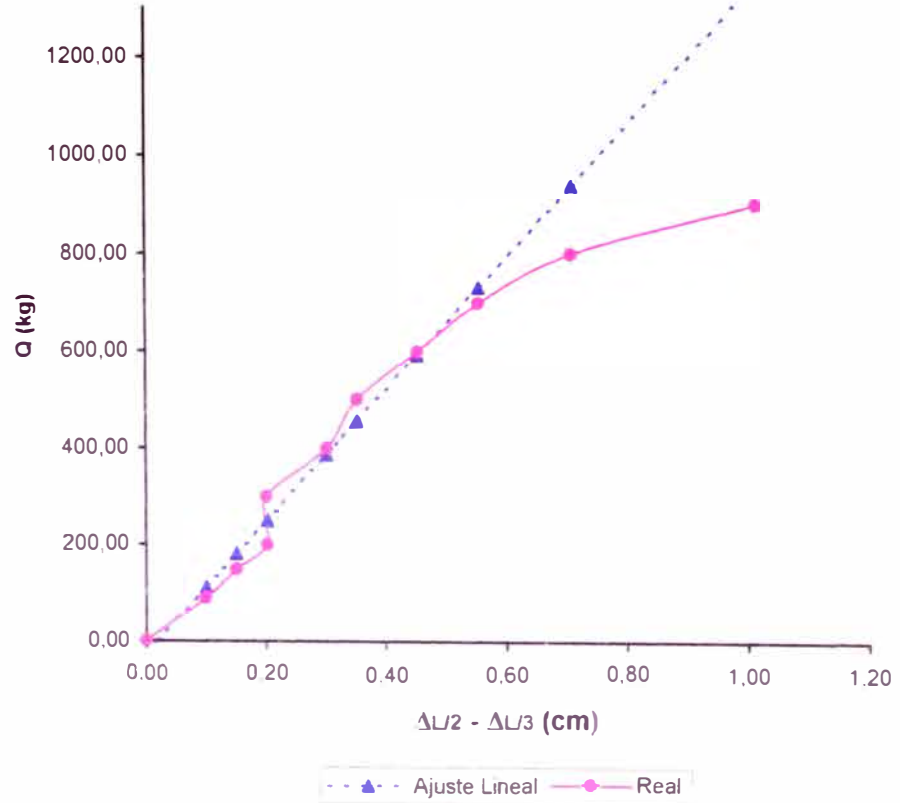
$$r = 0,9819$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-25,00
90	0,10	112,50
150	0,15	181,25
200	0,20	250,00
300	0,20	250,00
400	0,30	387,50
500	0,35	456,25
600	0,45	593,75
700	0,55	731,25
800	0,70	937,50
900	1,00	1350,00

$$\delta (Q/\Delta) = 1375,00$$

$$b (\Delta) = -25,00$$

**VIGA 31: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**





**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS**  
**VIGA 32**

DIMENSIONES:

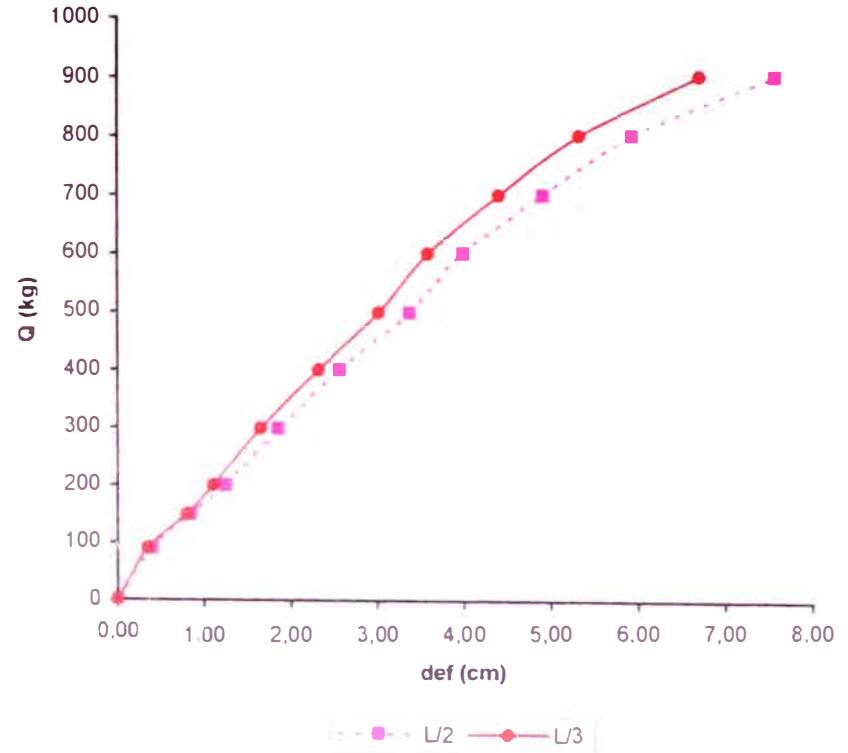
B = 4,00 cm  
 H = 14,05 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	30,70	0,00	31,26
90	0,35	86,08	0,40	87,94
150	0,80	157,27	0,85	151,71
200	1,10	204,74	1,25	208,39
300	1,65	291,76	1,85	293,41
400	2,30	394,60	2,55	392,60
500	3,00	505,35	3,35	505,96
600	3,55	592,37	3,95	590,98
700	4,35	718,94	4,85	718,51
800	5,25	861,34	5,85	860,21
900	6,60	1074,93	7,45	1086,93

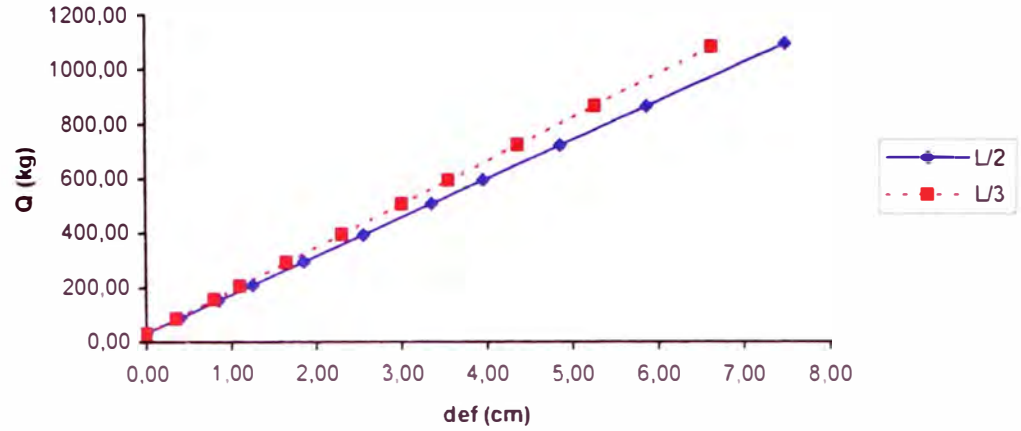
$\delta p/\delta w (L/3) = 158,22$        $\delta p/\delta w (L/2) = 141,70$

$b (L/3) = 30,70$        $b (L/2) = 31,26$

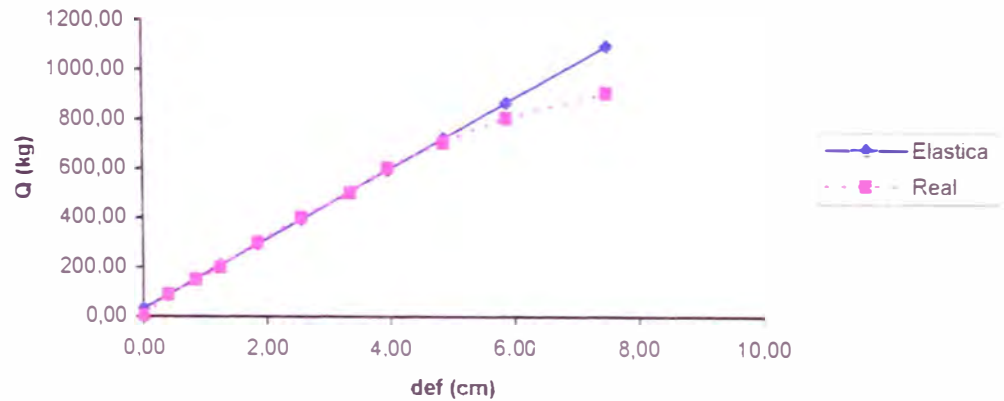
**VIGA 32 Deflexiones observadas (Q vs. def)**



VIGA 32: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 32: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 158,22 \times def + 30,70$$

$$Q (L/2) = 141,70 \times def + 31,26$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9991$$

$$r (L/2) = 0,9991$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1337,56 \times \Delta \text{ def} + 41,40$$

Con un coeficiente de correlación:

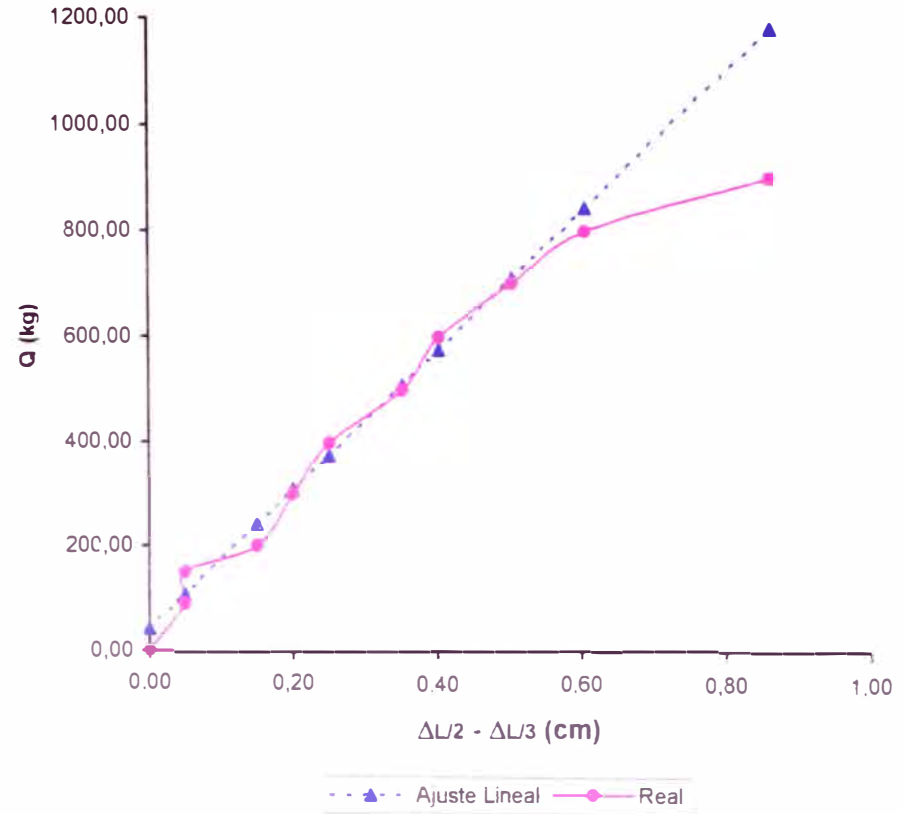
$$r = 0,9922$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	41,40
90	0,05	108,28
150	0,05	108,28
200	0,15	242,03
300	0,20	308,91
400	0,25	375,79
500	0,35	509,55
600	0,40	576,43
700	0,50	710,18
800	0,60	843,94
900	0,85	1178,33

$$\delta (Q/\Delta) = 1337,56$$

$$b (\Delta) = 41,40$$

**VIGA 32: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 33

DIMENSIONES:

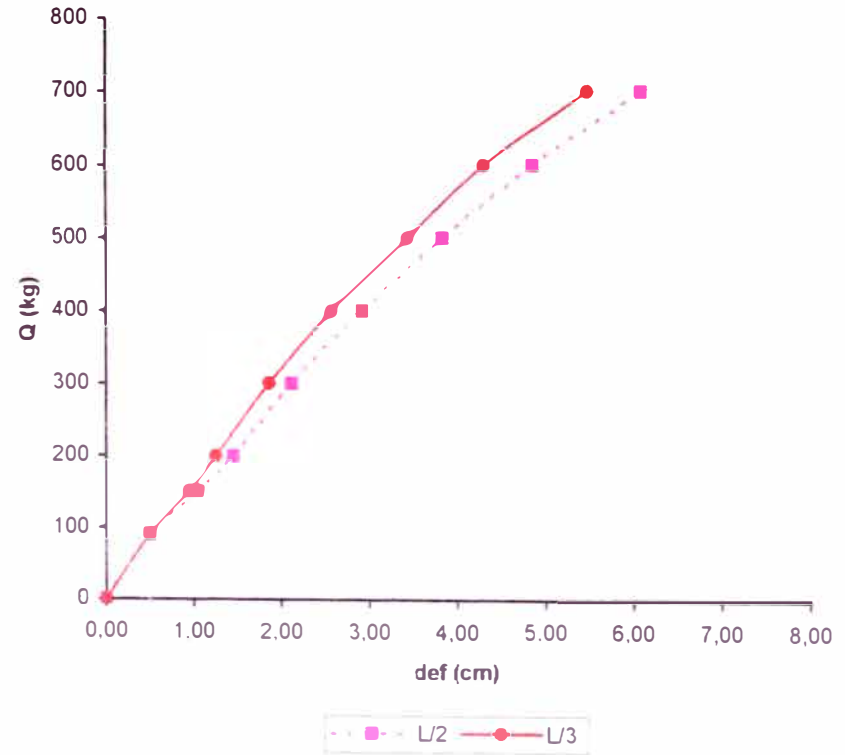
B = 3,95 cm  
 H = 13,15 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	20,20	0,00	22,60
90	0,50	92,52	0,50	86,34
150	0,95	157,60	1,05	156,45
200	1,25	200,99	1,45	207,45
300	1,85	287,78	2,10	290,31
400	2,55	389,02	2,90	392,29
500	3,40	511,96	3,80	507,03
600	4,25	634,90	4,80	634,51
700	5,40	801,23	6,00	787,48
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

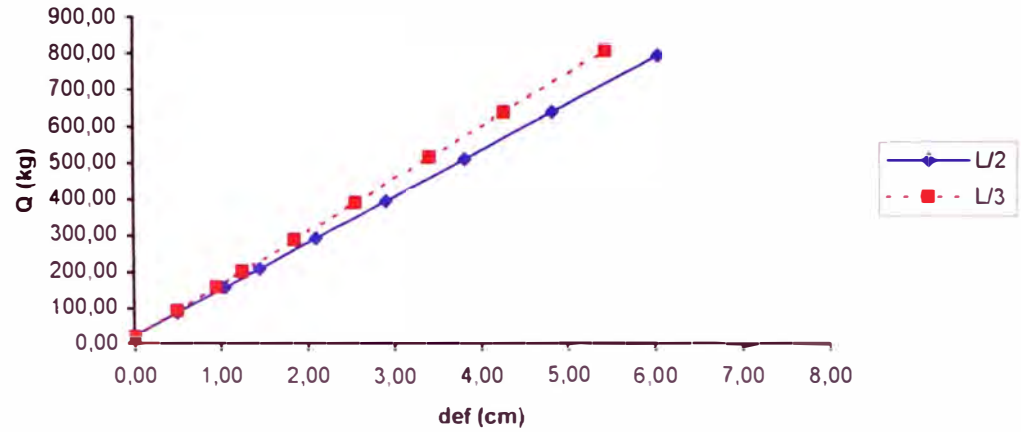
$\delta p / \delta w (L/3) = 144,64$        $\delta p / \delta w (L/2) = 127,48$

$b (L/3) = 20,20$        $b (L/2) = 22,60$

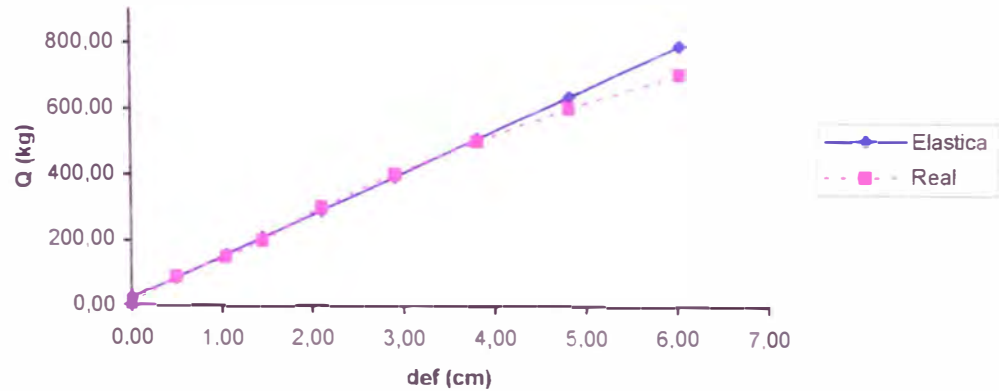
VIGA 33: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 33: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 33: Comparación del comportamiento de la  
Deformada en L/2



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 144,64 \times \text{def} + 20,20$$

$$Q (L/2) = 127,48 \times \text{def} + 22,60$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9980$$

$$r (L/2) = 0,9987$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1175,44 \times \Delta \text{ def} + 4,38$$

Con un coeficiente de correlación:

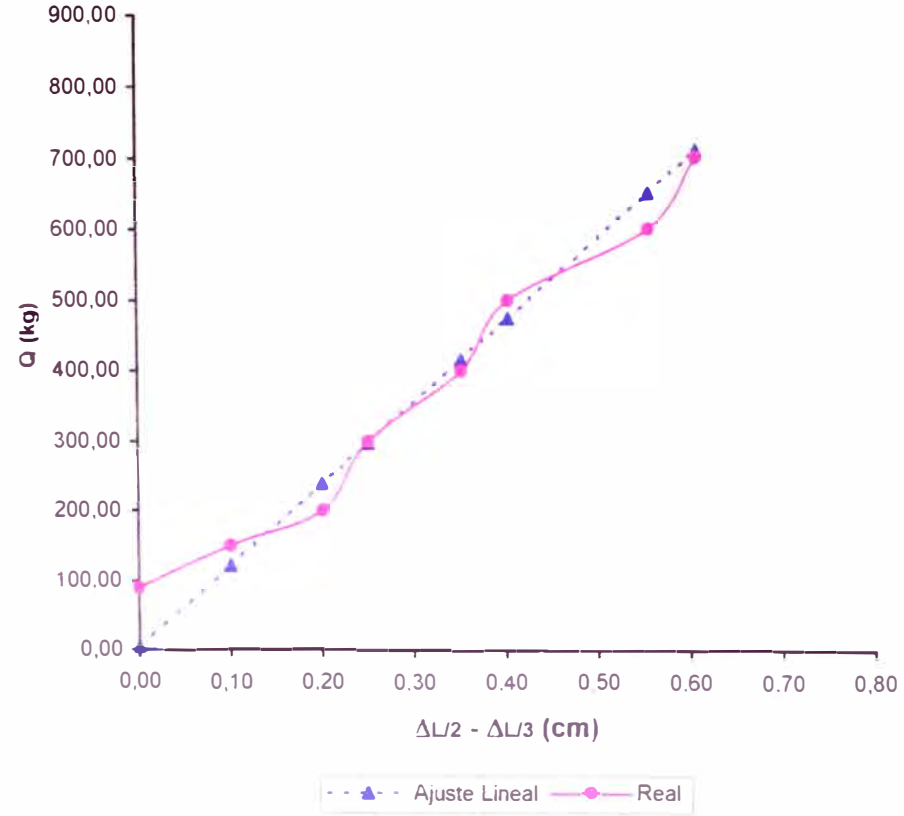
$$r = 0,9800$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	4,38
90	0,00	4,38
150	0,10	121,92
200	0,20	239,47
300	0,25	298,24
400	0,35	415,78
500	0,40	474,56
600	0,55	650,87
700	0,60	709,64
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1175,44$$

$$b (\Delta) = 4,38$$

**VIGA 33: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 34**

DIMENSIONES:

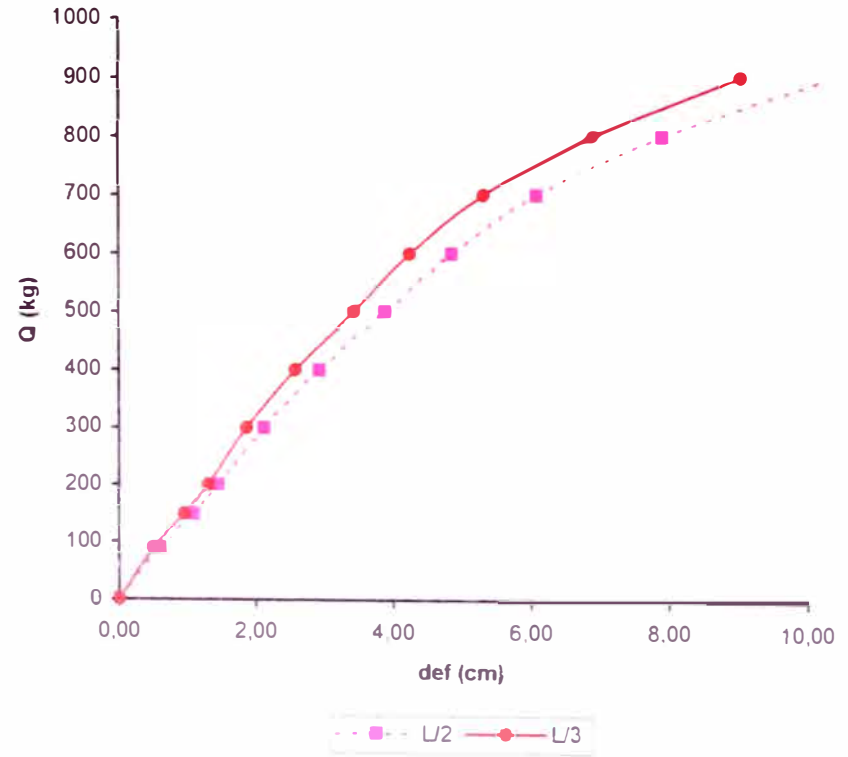
B = 4,00 cm  
H = 13,75 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	18,00	0,00	15,23
90	0,50	90,60	0,60	92,66
150	0,95	155,94	1,10	157,18
200	1,30	206,76	1,45	202,35
300	1,85	286,62	2,10	286,23
400	2,55	388,26	2,90	389,47
500	3,40	511,68	3,85	512,07
600	4,20	627,84	4,80	634,67
700	5,25	780,30	6,00	789,53
800	6,80	1005,36	7,80	1021,82
900	8,90	1310,28	10,20	1331,54

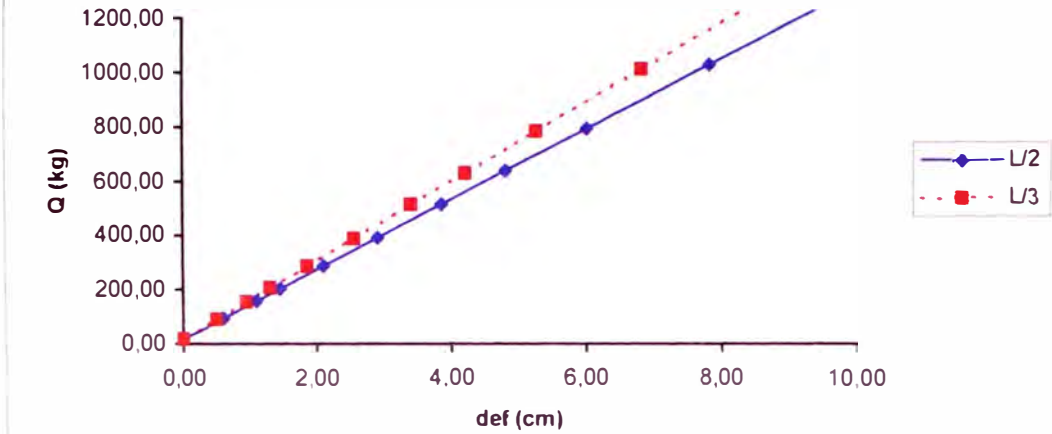
$\delta p/\delta w (L/3) = 145,20$        $\delta p/\delta w (L/2) = 129,05$

$b (L/3) = 18,00$        $b (L/2) = 15,23$

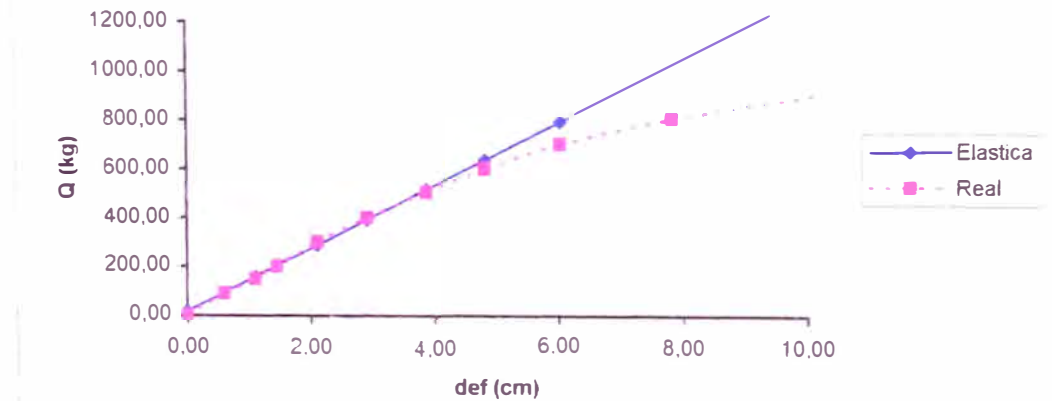
**VIGA 34: Deflexiones observadas  
(Q vs. def)**



VIGA 34: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 34: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 145,20 \times \text{def} + 18,0$$

$$Q (L/2) = 129,05 \times \text{def} + 15,23$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9978$$

$$r (L/2) = 0,9979$$



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q(\Delta) = 1142,08 \times \Delta \text{ def} + -2,67$$

Con un coeficiente de correlación:

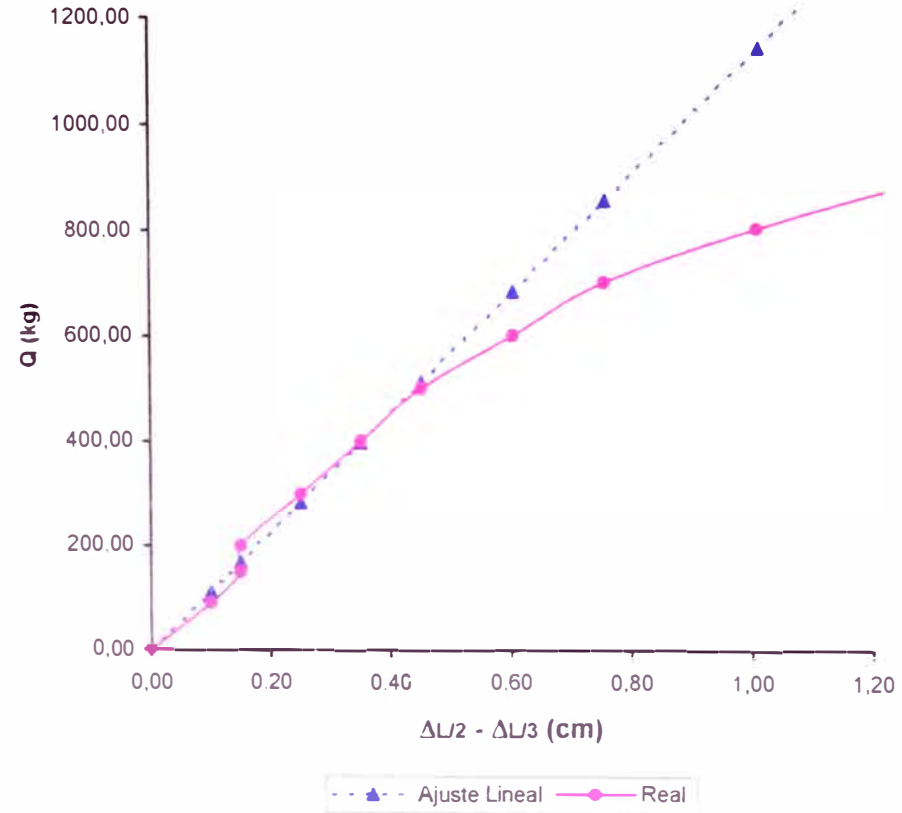
$$r = 0,9909$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-2,67
90	0,10	111,54
150	0,15	168,64
200	0,15	168,64
300	0,25	282,85
400	0,35	397,06
500	0,45	511,27
600	0,60	682,58
700	0,75	853,89
800	1,00	1139,41
900	1,30	1482,04

$$\delta (Q/\Delta) = 1142,08$$

$$b(\Delta) = -2,67$$

**VIGA 34: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 35

DIMENSIONES:

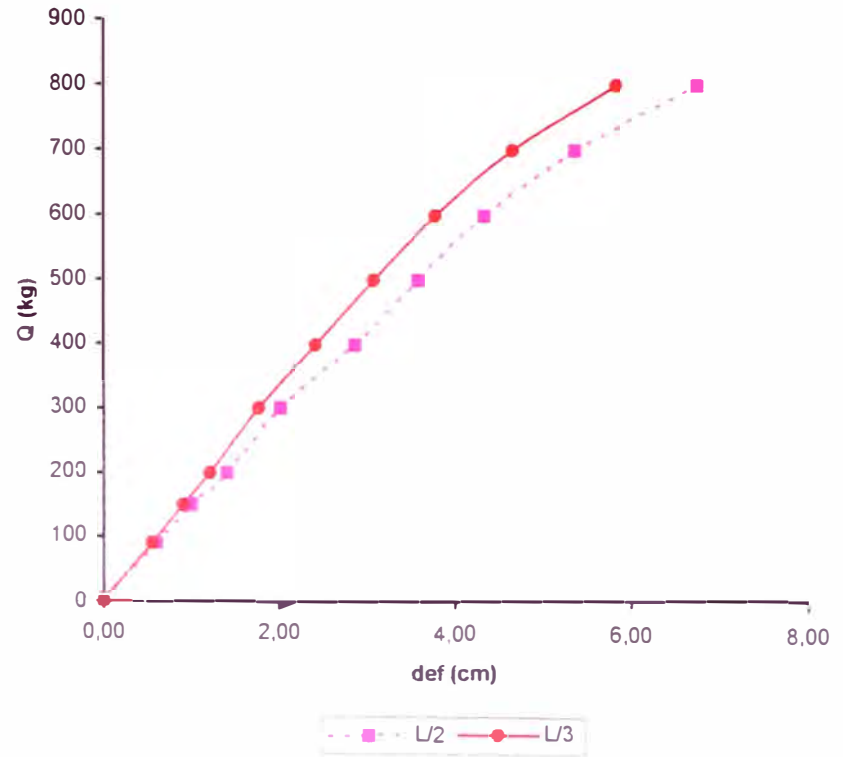
B = 4,00 cm  
 H = 13,95 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	3,00	0,00	10,50
90	0,55	93,57	0,60	93,48
150	0,90	151,20	1,00	148,79
200	1,20	200,60	1,40	204,11
300	1,75	291,17	2,00	287,09
400	2,40	398,20	2,85	404,63
500	3,05	505,23	3,55	501,44
600	3,75	620,50	4,30	605,16
700	4,60	760,47	5,30	743,45
800	5,75	949,83	6,65	930,15
900	--	--	--	--

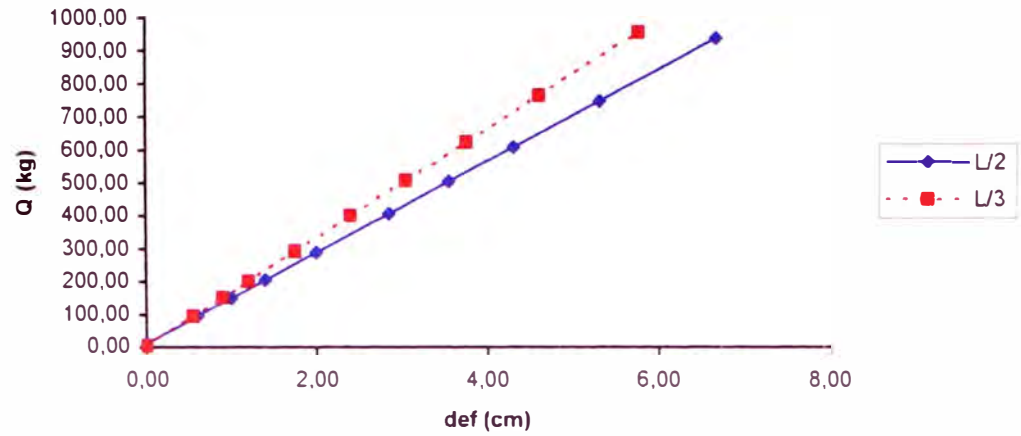
$\delta p / \delta w (L/3) = 164,67$        $\delta p / \delta w (L/2) = 138,29$

$b (L/3) = 3,00$        $b (L/2) = 10,50$

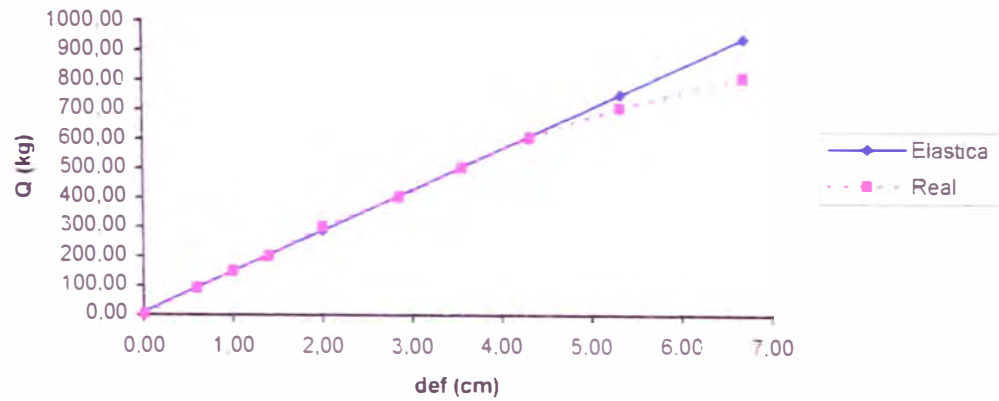
VIGA 35: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 35: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 35: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 164,67 \times \text{def} + 3,0$$

$$Q (L/2) = 138,29 \times \text{def} + 10,50$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9995$$

$$r (L/2) = 0,9991$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 927,08 \times \Delta \text{ def} + 41,80$$

Con un coeficiente de correlación:

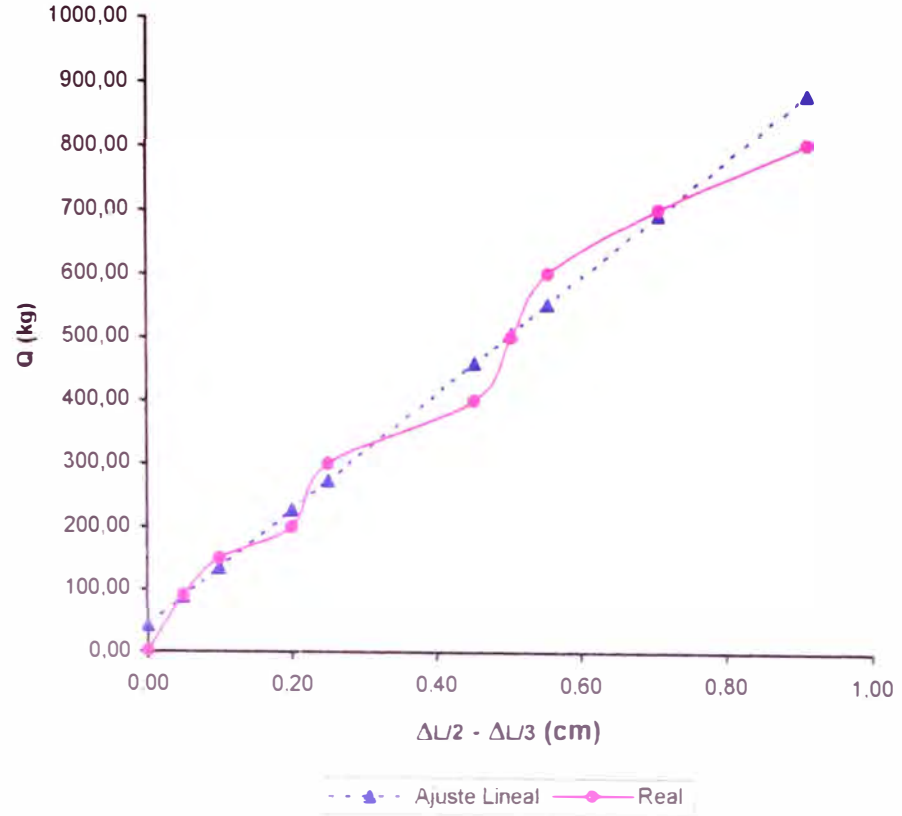
$$r = 0,9822$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	41,80
90	0,05	88,15
150	0,10	134,51
200	0,20	227,22
300	0,25	273,57
400	0,45	458,99
500	0,50	505,34
600	0,55	551,70
700	0,70	690,76
800	0,90	876,18
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 927,08$$

$$b (\Delta) = 41,80$$

**VIGA 35: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 36**

DIMENSIONES:

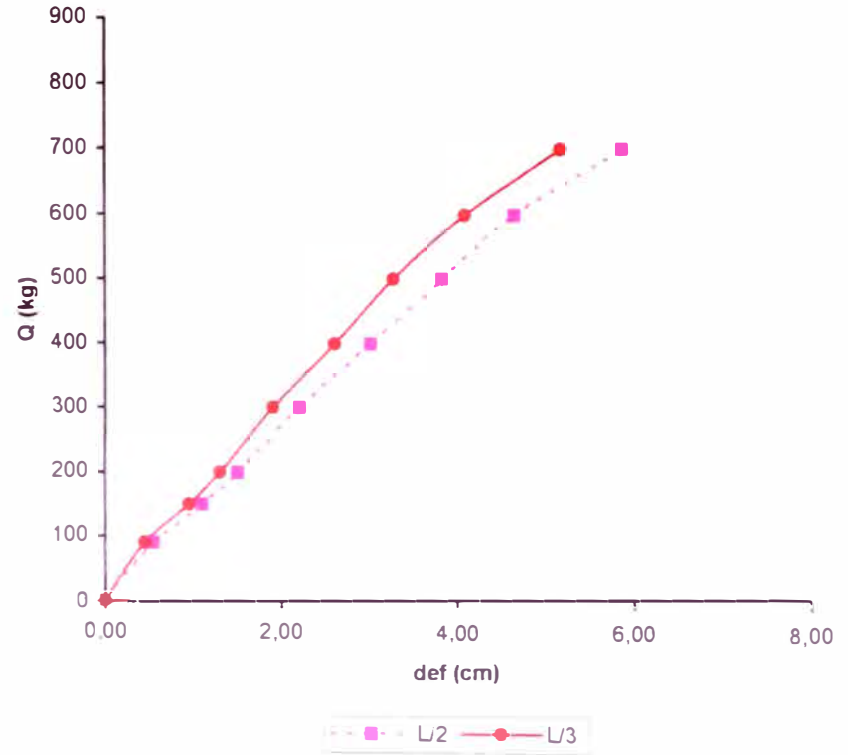
B = 4,00 cm  
H = 13,90 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	14,40	0,00	13,70
90	0,45	81,30	0,55	84,20
150	0,95	155,63	1,10	154,70
200	1,30	207,66	1,50	205,97
300	1,90	296,86	2,20	295,70
400	2,60	400,92	3,00	398,24
500	3,25	497,55	3,80	500,78
600	4,05	616,48	4,60	603,33
700	5,10	772,58	5,80	757,14
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

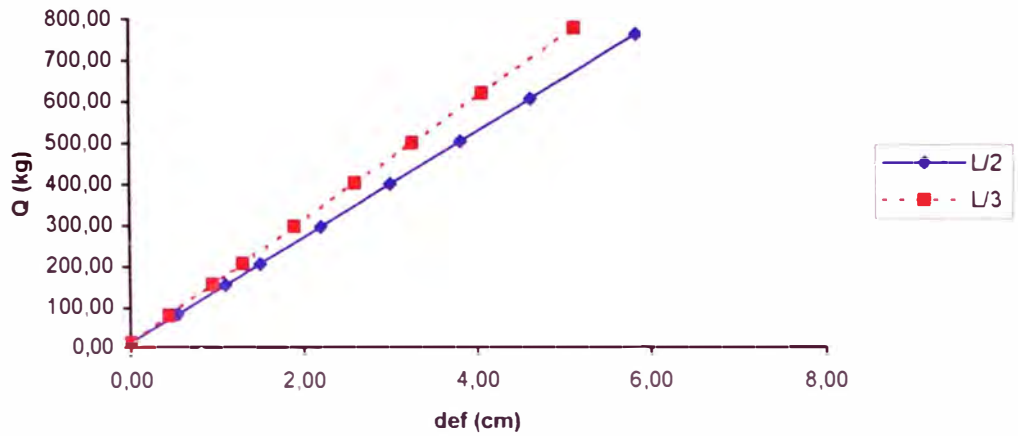
$\delta p / \delta w (L/3) = 148,66$        $\delta p / \delta w (L/2) = 128,18$

$b (L/3) = 14,40$        $b (L/2) = 13,70$

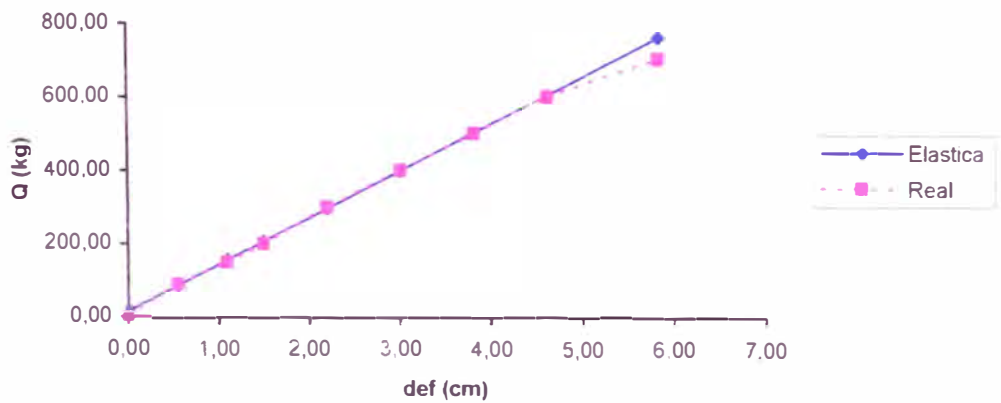
**VIGA 36: Deflexiones observadas  
(Q vs. def)**



VIGA 36: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 36: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 148,66 \times \text{def} + 14,4$$

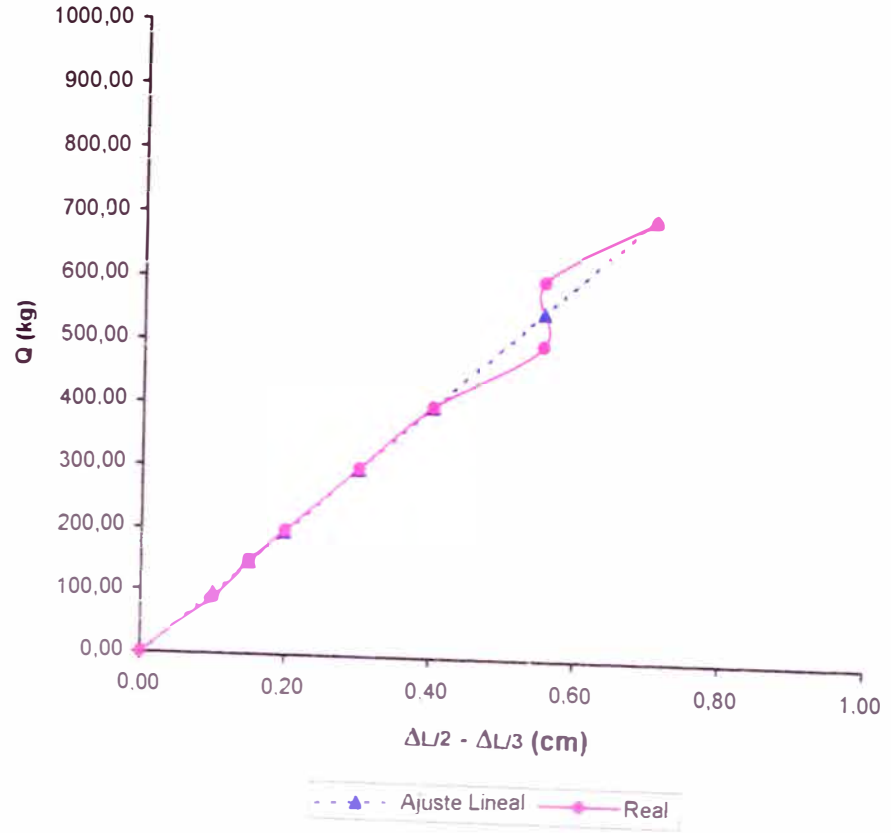
$$Q (L/2) = 128,18 \times \text{def} + 13,70$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9993$$

$$r (L/2) = 0,9995$$

**VIGA 36: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1010,84 \times \Delta \text{ def} + -4,92$$

Con un coeficiente de correlación:

$$r = 0,9881$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	-4,92
90	0,10	96,16
150	0,15	146,71
200	0,20	197,25
300	0,30	298,33
400	0,40	399,42
500	0,55	551,04
600	0,55	551,04
700	0,70	702,67
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1010,84$$

$$b (\Delta) = -4,92$$

**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS  
VIGA 37**

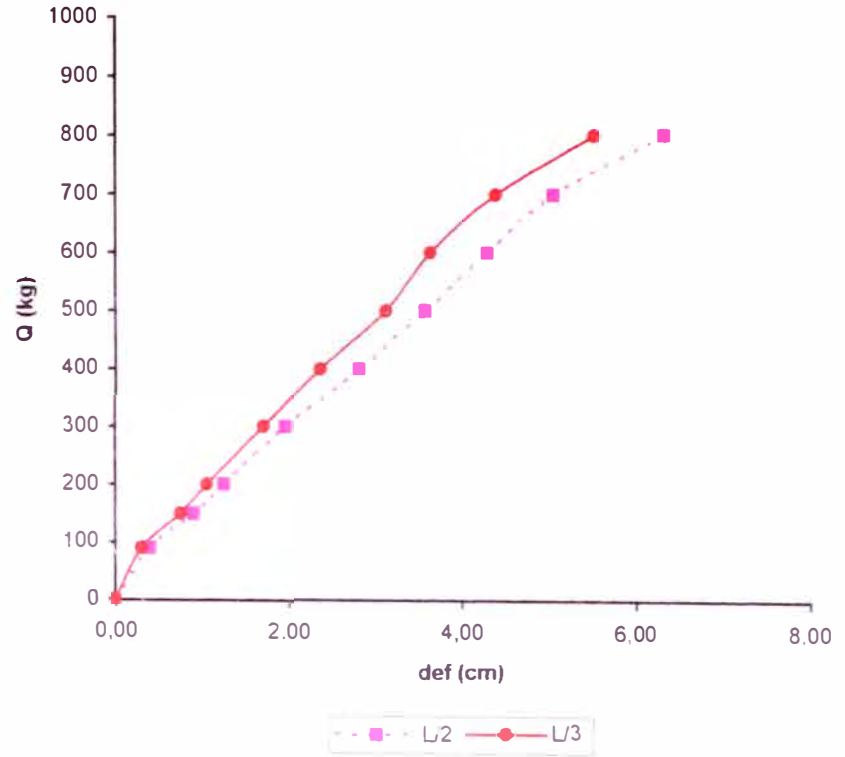
DIMENSIONES:

B = 4,00 cm  
H = 14,10 cm  
L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	43,80	0,00	37,00
90	0,30	88,45	0,40	89,27
150	0,75	155,43	0,90	154,62
200	1,05	200,08	1,25	200,36
300	1,70	296,83	1,95	291,84
400	2,35	393,58	2,80	402,92
500	3,10	505,21	3,55	500,94
600	3,60	579,63	4,25	592,42
700	4,35	691,26	5,00	690,43
800	5,45	854,98	6,25	853,79
900	--	--	--	--

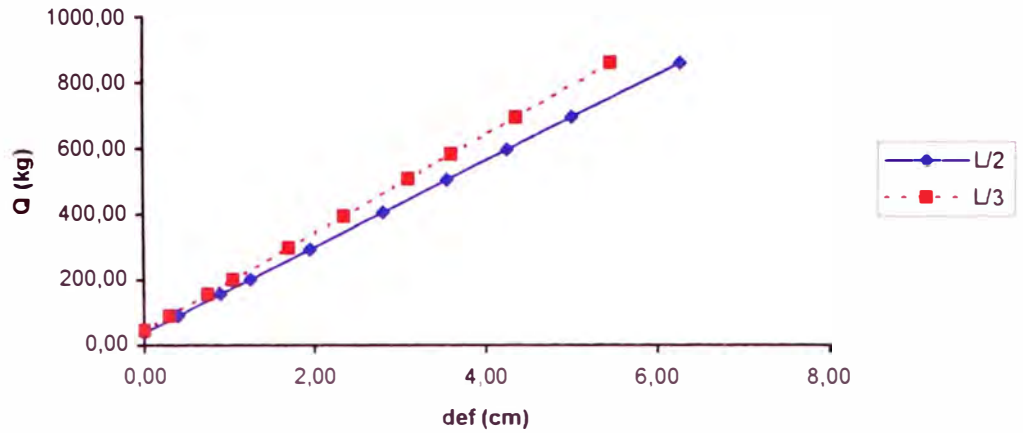
$\delta p / \delta w (L/3) = 148,84$        $\delta p / \delta w (L/2) = 130,69$   
 $b (L/3) = 43,80$                        $b (L/2) = 37,00$

**VIGA 37 Deflexiones observadas  
(Q vs. def)**

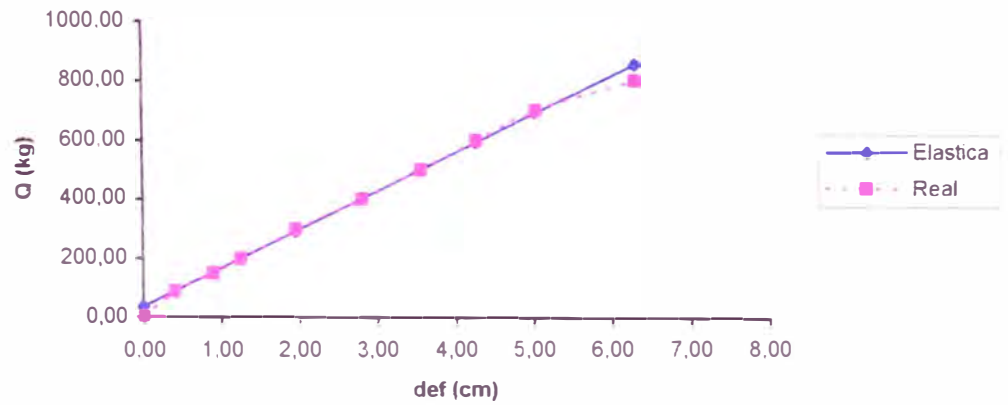




VIGA 37: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 37: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 148,84 \times \text{def} + 43,80$$

$$Q (L/2) = 130,69 \times \text{def} + 37,00$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9995$$

$$r (L/2) = 0,9996$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 1007,35 \times \Delta \text{ def} + 4,70$$

Con un coeficiente de correlación:

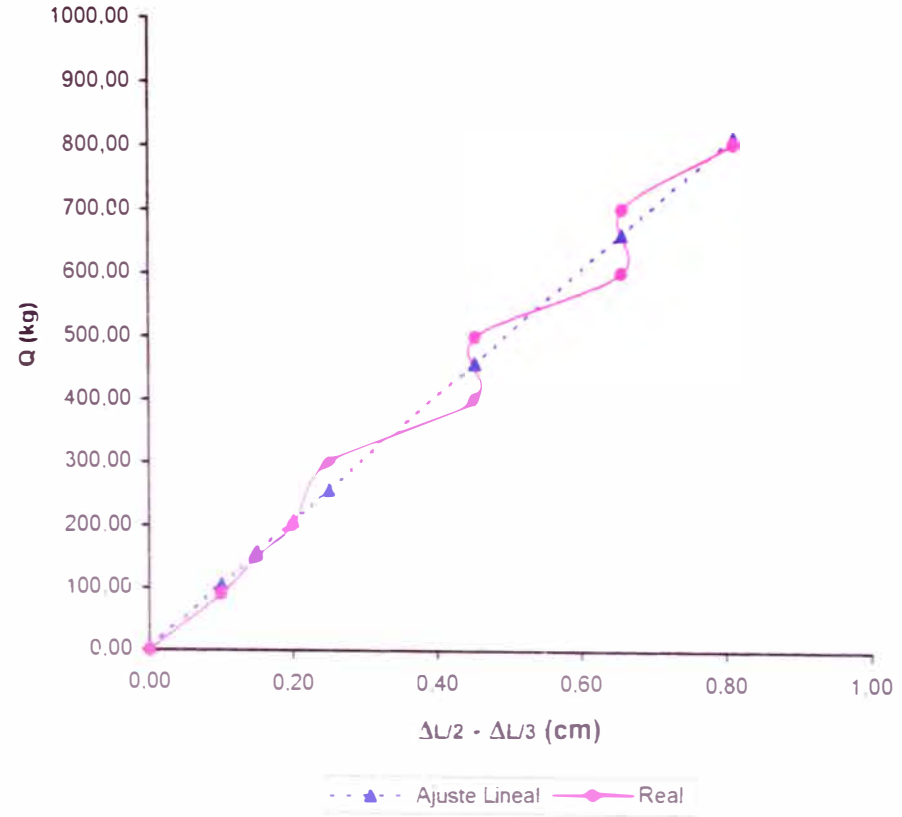
$$r = 0,9696$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	4,70
90	0,10	105,44
150	0,15	155,80
200	0,20	206,17
300	0,25	256,54
400	0,45	458,01
500	0,45	458,01
600	0,65	659,48
700	0,65	659,48
800	0,80	810,58
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 1007,35$$

$$b (\Delta) = 4,70$$

**VIGA 37: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 38

DIMENSIONES:

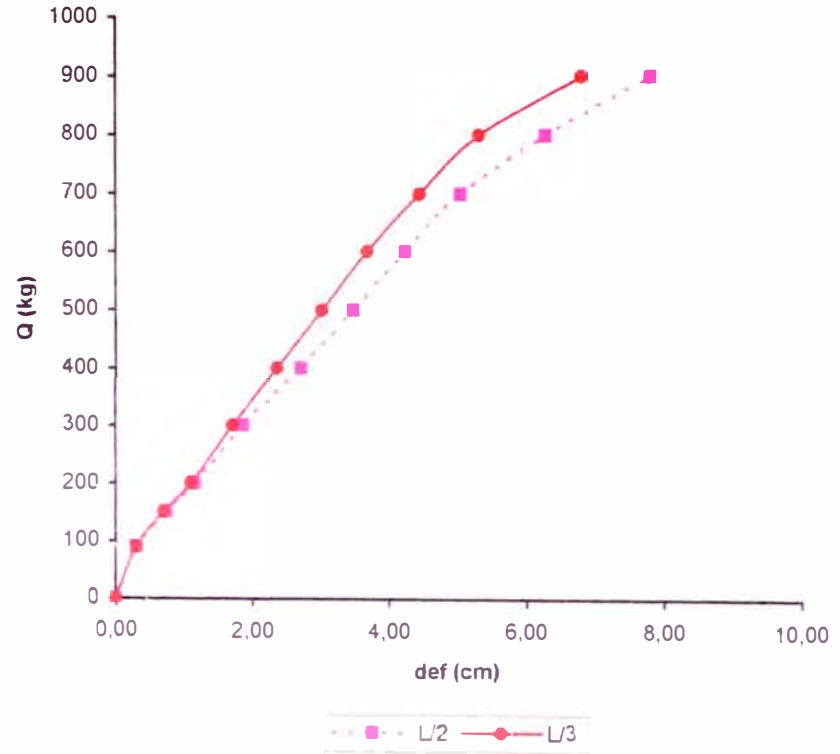
B = 4,05 cm  
 H = 13,95 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	40,60	0,00	52,50
90	0,30	86,38	0,30	91,46
150	0,70	147,43	0,75	149,90
200	1,10	208,47	1,15	201,84
300	1,70	300,03	1,85	292,74
400	2,35	399,23	2,70	403,13
500	3,00	498,42	3,45	500,52
600	3,65	597,62	4,20	597,92
700	4,40	712,07	5,00	701,81
800	5,25	841,79	6,20	857,64
900	6,70	1063,07	7,70	1052,44

$\delta p / \delta w (L/3) = 152,61$        $\delta p / \delta w (L/2) = 129,86$

$b (L/3) = 40,60$        $b (L/2) = 52,50$

VIGA 38: Deflexiones observadas (Q vs. def)



**Ecuaciones obtenidas:**

$$Q (L3) = 152,61 \times \text{def} + 40,60$$

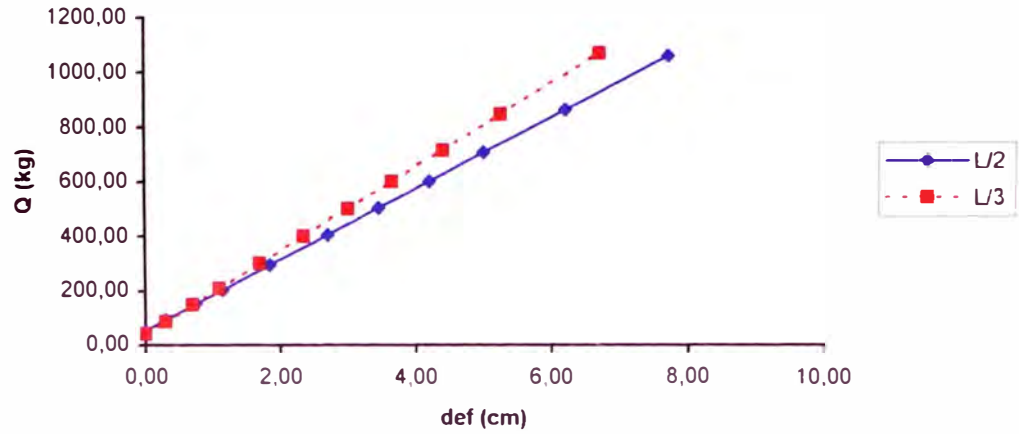
$$Q (L2) = 129,86 \times \text{def} + 52,50$$

Con coeficientes de correlación:

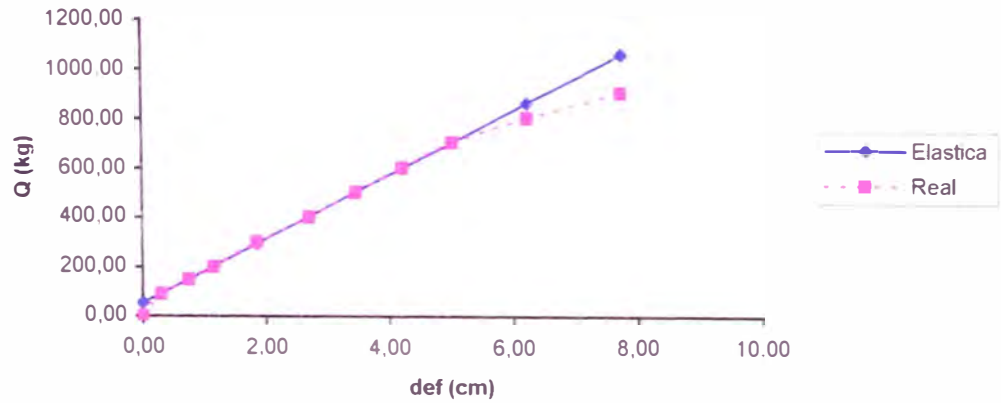
$$r (L3) = 0,9996$$

$$r (L2) = 0,9997$$

**VIGA 38: Ajuste de rectas al estado elástico (Q vs. def)**



**VIGA 38: Comparación de las deflexiones en L/2 y su Ajuste Lineal**



CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 900,00 \times \Delta \text{ def} + 120,00$$

Con un coeficiente de correlación:

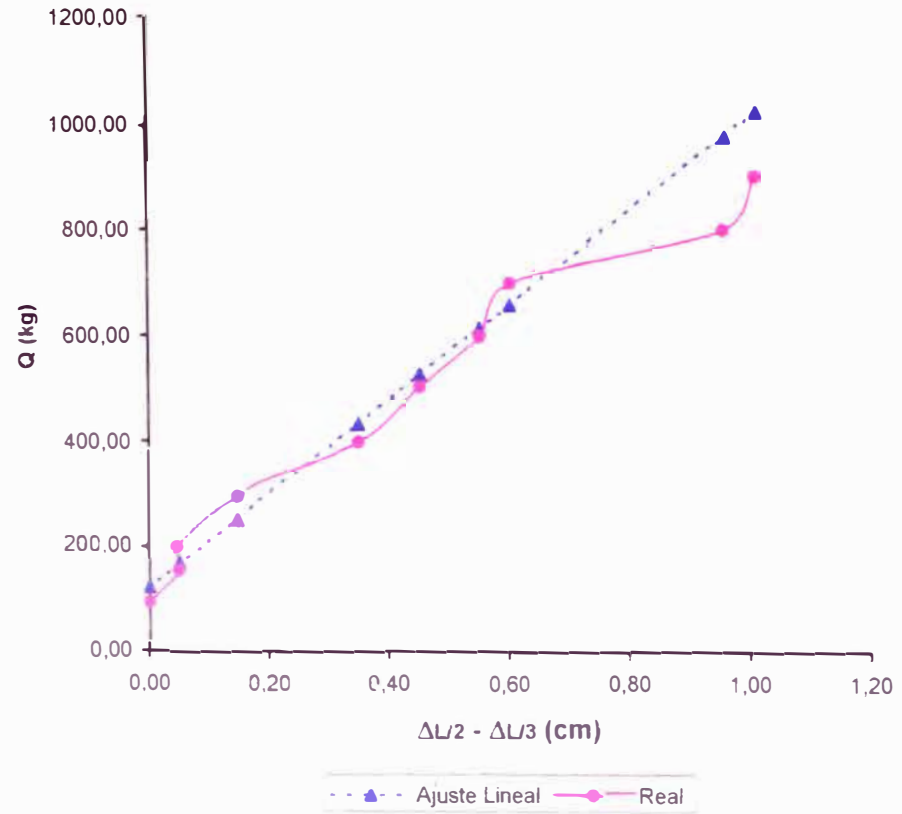
$$r = 0,9881$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	120,00
90	0,00	120,00
150	0,05	165,00
200	0,05	165,00
300	0,15	255,00
400	0,35	435,00
500	0,45	525,00
600	0,55	615,00
700	0,60	660,00
800	0,95	975,00
900	1,00	1020,00

$$\delta (Q/\Delta) = 900,00$$

$$b (\Delta) = 120,00$$

**VIGA 38: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



# GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS

## VIGA 39

DIMENSIONES:

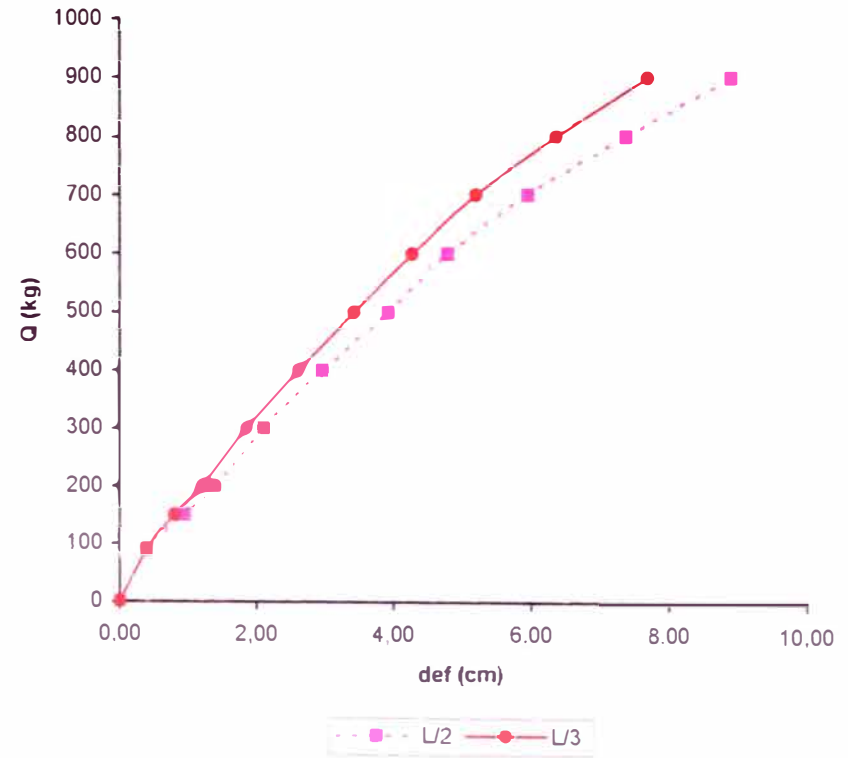
B = 3,90 cm  
 H = 13,95 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	38,50	0,00	40,00
90	0,40	93,46	0,40	87,85
150	0,80	148,43	0,95	153,65
200	1,20	203,39	1,40	207,49
300	1,85	292,71	2,10	291,24
400	2,60	395,77	2,95	392,93
500	3,40	505,70	3,90	506,58
600	4,25	622,50	4,75	608,27
700	5,15	746,16	5,90	745,86
800	6,30	904,19	7,30	913,35
900	7,60	1082,82	8,80	1092,80

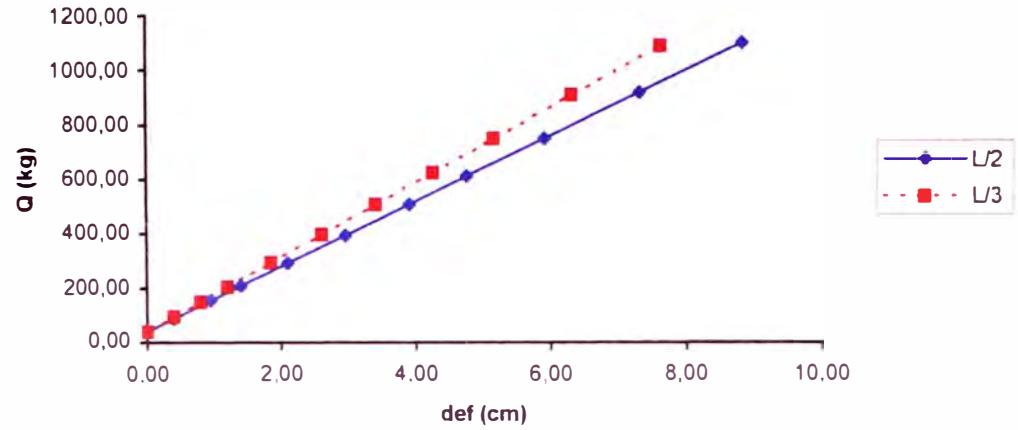
$\delta p / \delta w (L/3) = 137,41$        $\delta p / \delta w (L/2) = 119,64$

$b (L/3) = 38,50$        $b (L/2) = 40,00$

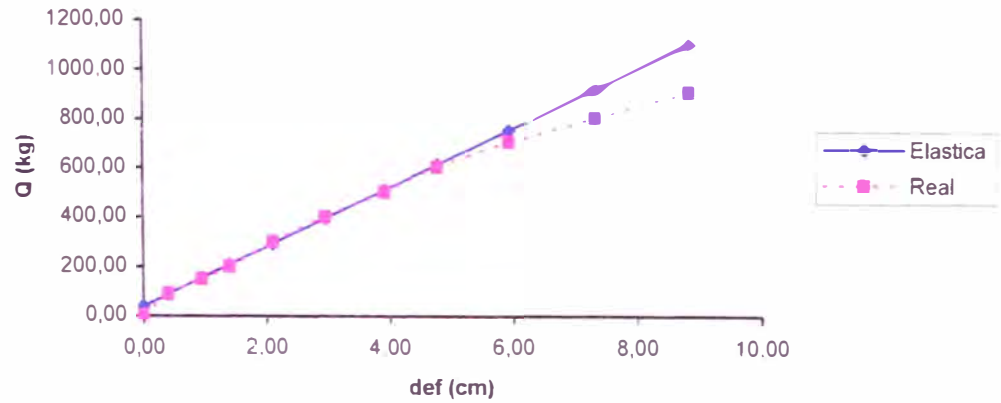
VIGA 39: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 39: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 39: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 137,41 \times \text{def} + 38,50$$

$$Q (L/2) = 119,64 \times \text{def} + 40,00$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9995$$

$$r (L/2) = 0,9990$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 996,15 \times \Delta \text{ def} + 42,40$$

Con un coeficiente de correlación:

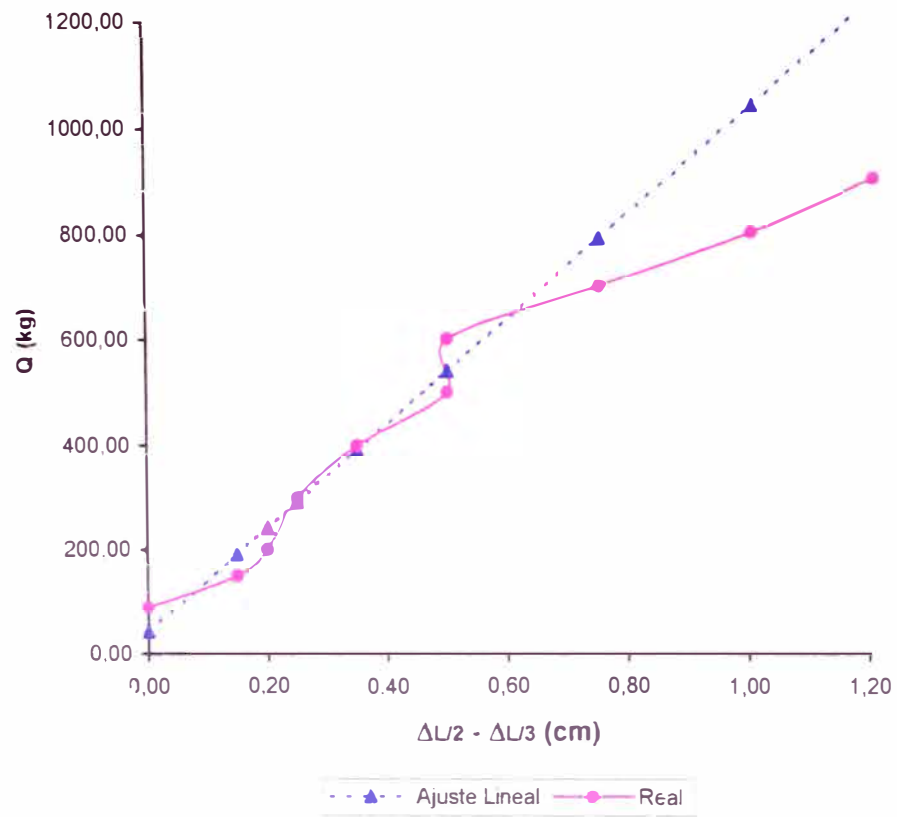
$$r = 0,9737$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	42,40
90	0,00	42,40
150	0,15	191,82
200	0,20	241,63
300	0,25	291,44
400	0,35	391,05
500	0,50	540,48
600	0,50	540,48
700	0,75	789,52
800	1,00	1038,55
900	1,20	1237,78

$$\delta (Q/\Delta) = 996,15$$

$$b (\Delta) = 42,40$$

**VIGA 39: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**





## GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA VIGAS VIGA 40

DIMENSIONES:

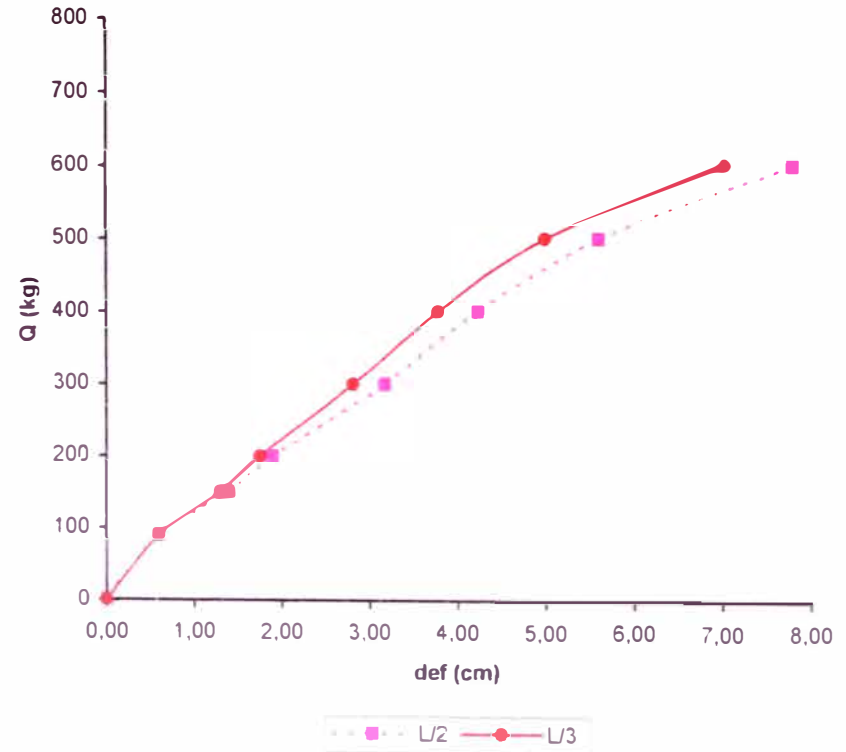
B = 4,00 cm  
 H = 13,00 cm  
 L = 300,00 cm

CARGA APLICADA (kg)	DEFORMACION EN L/3 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	30,90	0,00	37,70
90	0,60	88,49	0,60	88,19
150	1,30	155,67	1,40	155,51
200	1,75	198,86	1,90	197,58
300	2,80	299,63	3,15	302,77
400	3,75	390,81	4,20	391,13
500	4,95	505,98	5,55	504,73
600	6,95	697,93	7,70	685,65
700	--	--	--	--
800	--	--	--	--
900	--	--	--	--

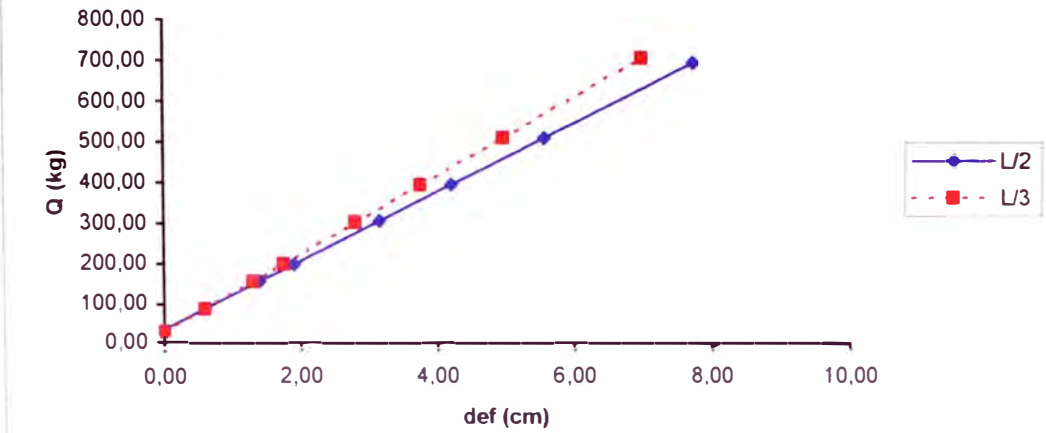
$\delta p / \delta w (L/3) = 95,98$        $\delta p / \delta w (L/2) = 84,15$

$b (L/3) = 30,90$        $b (L/2) = 37,70$

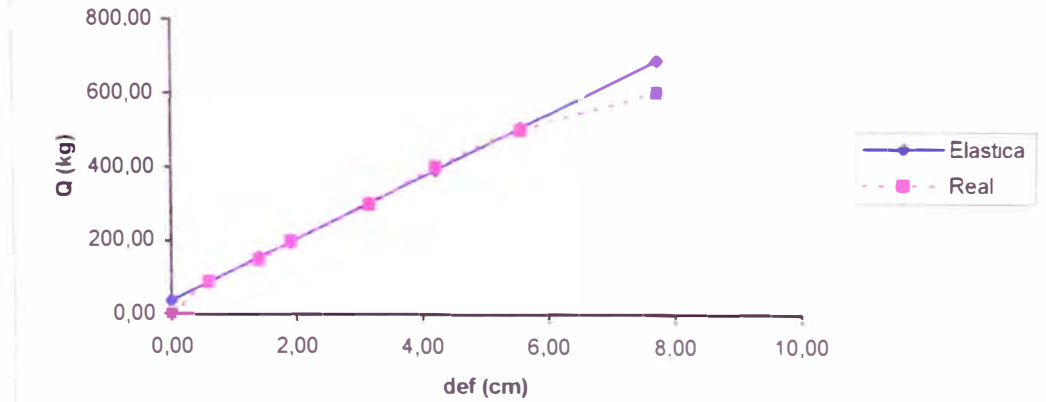
### VIGA 40: Deflexiones observadas (Q vs. def)



VIGA 40: Ajuste de rectas al estado elástico  
(Q vs. def)



VIGA 40: Comparación de las deflexiones en L/2 y su  
Ajuste Lineal



Ecuaciones obtenidas:

$$Q (L/3) = 95,98 \times \text{def} + 30,90$$

$$Q (L/2) = 84,15 \times \text{def} + 37,70$$

Con coeficientes de correlación:

$$r (L/3) = 0,9994$$

$$r (L/2) = 0,9994$$

CONSIDERANDO EL EFECTO DE CORTE:

$$Q (\Delta) = 684,97 \times \Delta \text{ def} + 83,90$$

Con un coeficiente de correlación:

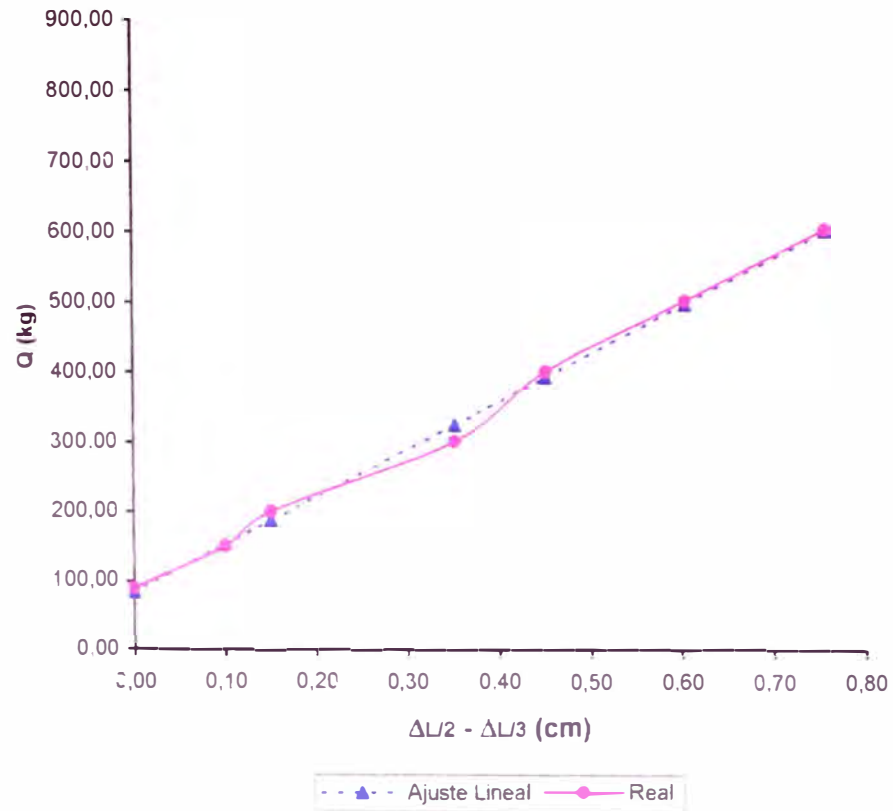
$$r = 0,9949$$

CARGA APLICADA (kg)	DIF. DE DEF. $\Delta L/3 - \Delta L/2$ (cm)	CARGA CORREGIDA (kg)
0	0,00	83,90
90	0,00	83,90
150	0,10	152,40
200	0,15	186,65
300	0,35	323,64
400	0,45	392,14
500	0,60	494,88
600	0,75	597,63
700	--	--
800	--	--
900	--	--

$$\delta (Q/\Delta) = 684,97$$

$$b (\Delta) = 83,90$$

**VIGA 40: Ajuste lineal de la diferencia de deflexiones en L/2 y L/3 (Q vs.  $\Delta L/2 - \Delta L/3$ )**



**GRAFICOS Y AJUSTES LINEALES PARA PROBETAS**

**PROBETAS DE 5 x 5 x 75 cm**

**PROBETA: 01**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 916.90$$

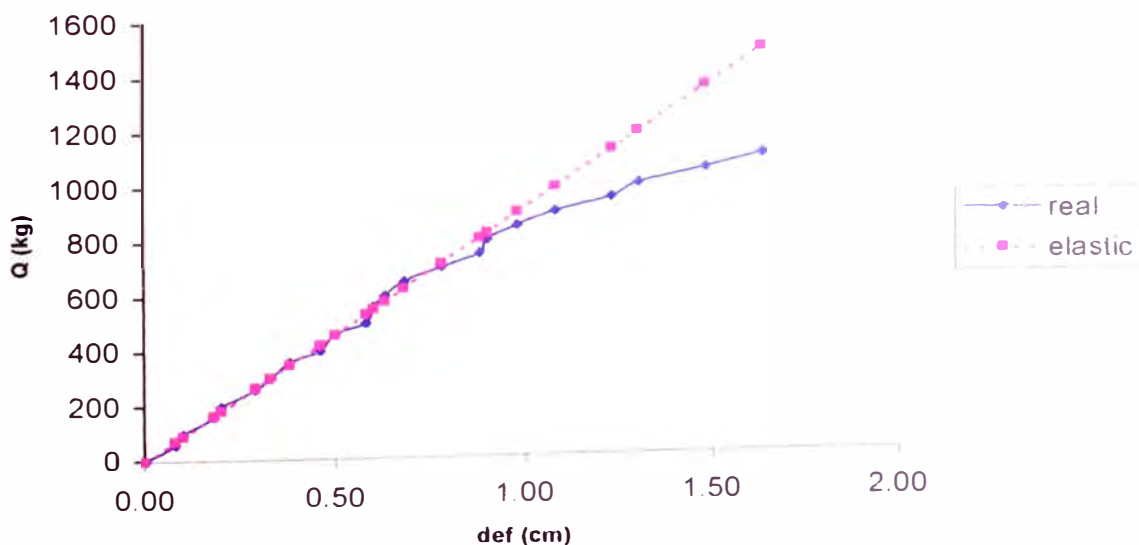
$$b (L/2) = -0.84$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.996$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-0.84	0.00
60	72.51	0.08
100	90.85	0.10
160	164.20	0.18
200	182.54	0.20
260	265.06	0.29
300	301.74	0.33
360	347.58	0.38
400	420.94	0.46
460	457.61	0.50
500	530.96	0.58
560	549.30	0.60
600	576.81	0.63
650	622.65	0.68
700	714.35	0.78
750	806.04	0.88
800	824.37	0.90
850	897.73	0.98
900	989.42	1.08
950	1126.95	1.23
1000	1191.14	1.30
1050	1356.18	1.48
1100	1493.71	1.63
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 01 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 02**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L2) = 829.03$$

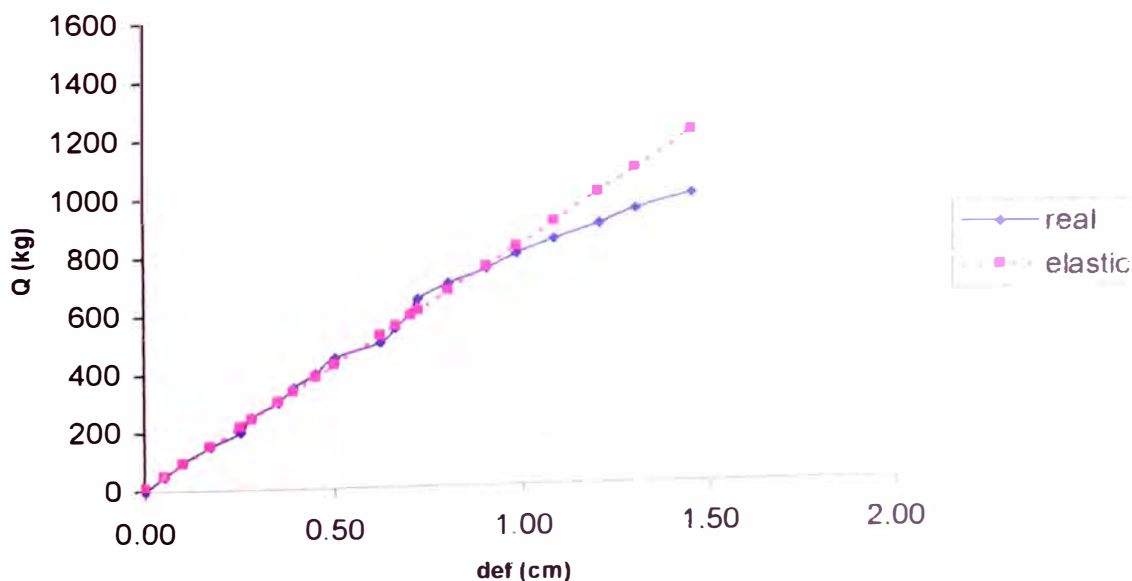
$$b (L2) = 12.70$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L2) = 0.997$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L2 (cm)
0	12.70	0.00
50	54.15	0.05
100	95.60	0.10
150	153.64	0.17
200	219.96	0.25
250	244.83	0.28
300	302.86	0.35
350	336.02	0.39
400	385.77	0.45
450	427.22	0.50
500	526.70	0.62
550	559.86	0.66
600	593.02	0.70
650	609.60	0.72
700	675.93	0.80
750	758.83	0.90
800	825.15	0.98
850	908.06	1.08
900	1007.54	1.20
950	1090.44	1.30
1000	1214.80	1.45
1050	--	--
1100		
1150		
1200		

**Probeta 02 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 03**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 945.32$$

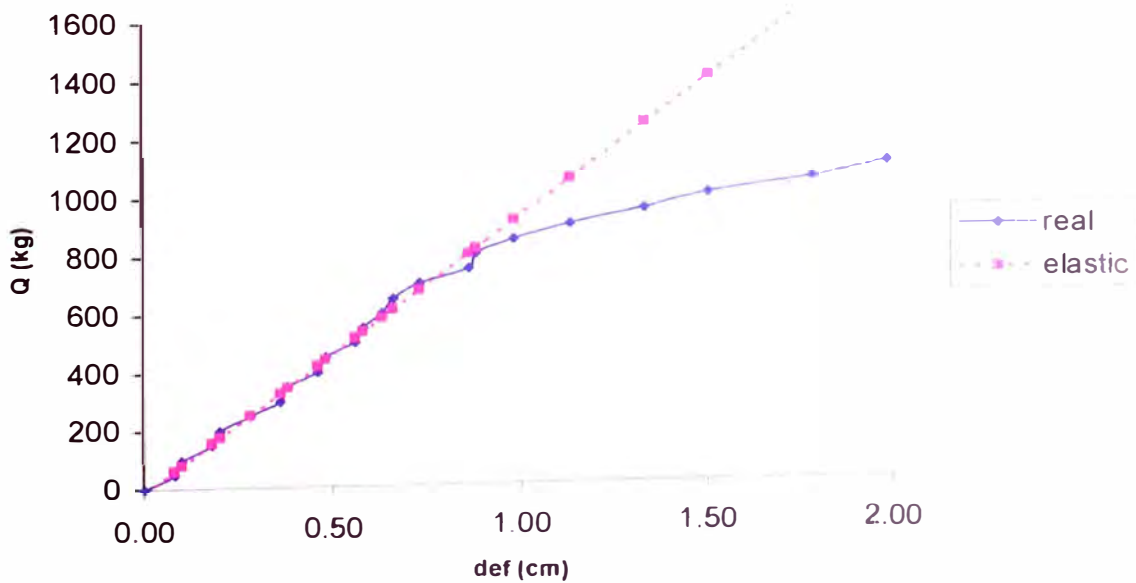
$$b (L/2) = -12.90$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.995$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-12.90	0.00
50	62.73	0.08
100	81.63	0.10
150	157.26	0.18
200	176.16	0.20
250	251.79	0.28
300	327.42	0.36
350	346.32	0.38
400	421.95	0.46
450	440.86	0.48
500	516.48	0.56
550	535.39	0.58
600	582.65	0.63
650	611.01	0.66
700	677.19	0.73
750	800.08	0.86
800	818.98	0.88
850	913.52	0.98
900	1055.32	1.13
950	1244.38	1.33
1000	1405.09	1.50
1050	1669.78	1.78
1100	1858.84	1.98
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 03 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 04**

DIMENSIONES: B= 5.20  
 H= 5.20  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 996.96$$

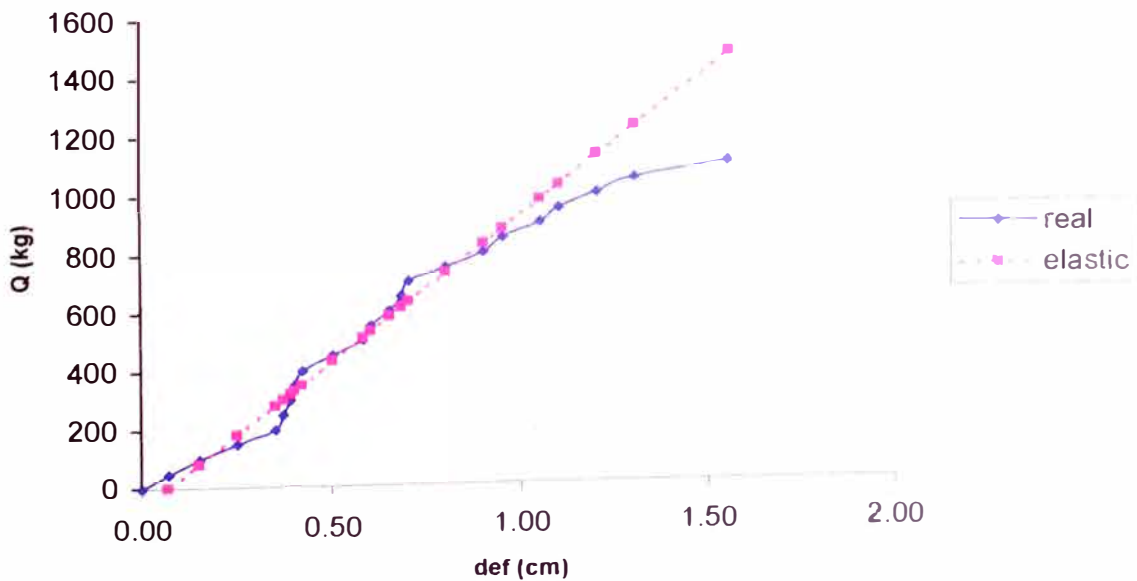
$$b (L/2) = -67.90$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.976$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-67.90	0.00
50	1.89	0.07
100	81.64	0.15
150	181.34	0.25
200	281.03	0.35
250	300.97	0.37
300	320.91	0.39
350	330.88	0.40
400	350.82	0.42
450	430.58	0.50
500	510.33	0.58
550	530.27	0.60
600	580.12	0.65
650	610.03	0.68
700	629.97	0.70
750	729.67	0.80
800	829.36	0.90
850	879.21	0.95
900	978.90	1.05
950	1028.75	1.10
1000	1128.45	1.20
1050	1228.14	1.30
1100	1477.38	1.55
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 04 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 05**

DIMENSIONES: B= 5.20  
 H= 5.20  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 859.73$$

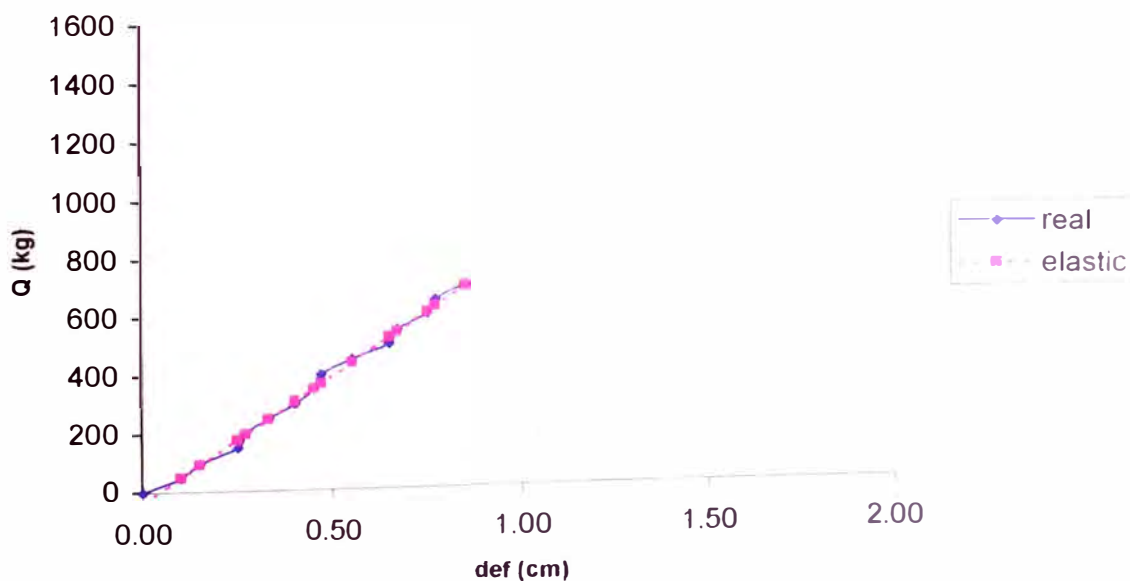
$$b (L/2) = -36.00$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.996$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-36.00	0.00
50	49.97	0.10
100	92.96	0.15
150	178.93	0.25
200	196.13	0.27
250	247.71	0.33
300	307.89	0.40
350	350.88	0.45
400	368.07	0.47
450	436.85	0.55
500	522.83	0.65
550	540.02	0.67
600	608.80	0.75
650	625.99	0.77
700	694.77	0.85
750	--	--
800		
850		
900		
950		
1000		
1050		
1100		
1150		
1200		

**Probeta 05 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**





**PROBETA: 06**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 721.12$$

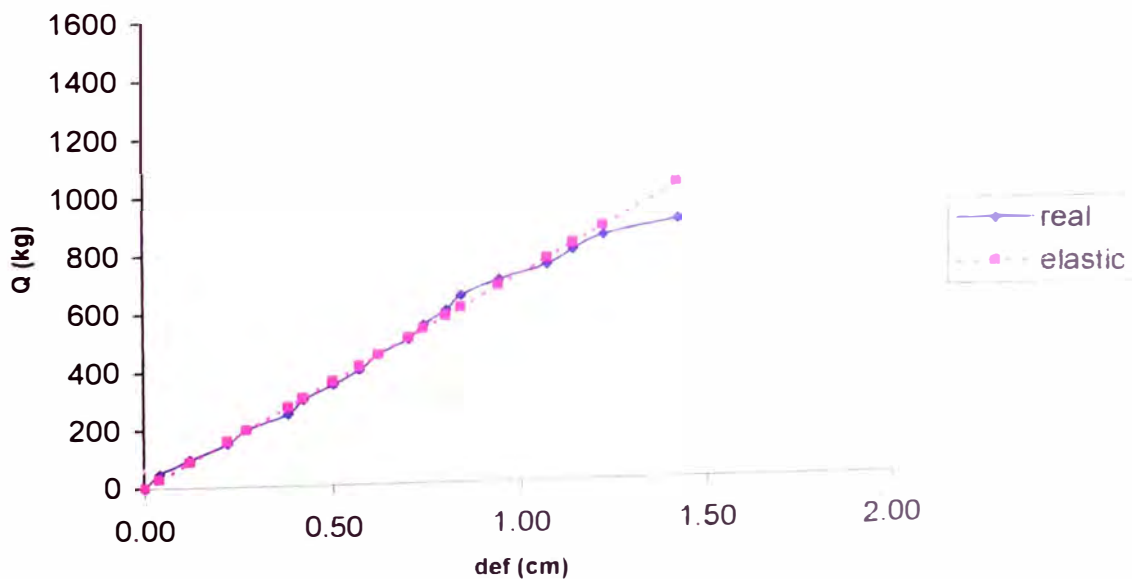
$$b (L/2) = 1.69$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.997$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	1.69	0.00
50	30.53	0.04
100	88.22	0.12
150	160.34	0.22
200	196.39	0.27
250	275.72	0.38
300	304.56	0.42
350	362.25	0.50
400	412.73	0.57
450	448.78	0.62
500	506.47	0.70
550	535.32	0.74
600	578.58	0.80
650	607.43	0.84
700	679.54	0.94
750	773.29	1.07
800	823.77	1.14
850	881.45	1.22
900	1025.68	1.42
950	--	--
1000		
1050		
1100		
1150		
1200		

**Probeta 06 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 07**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1119.72$$

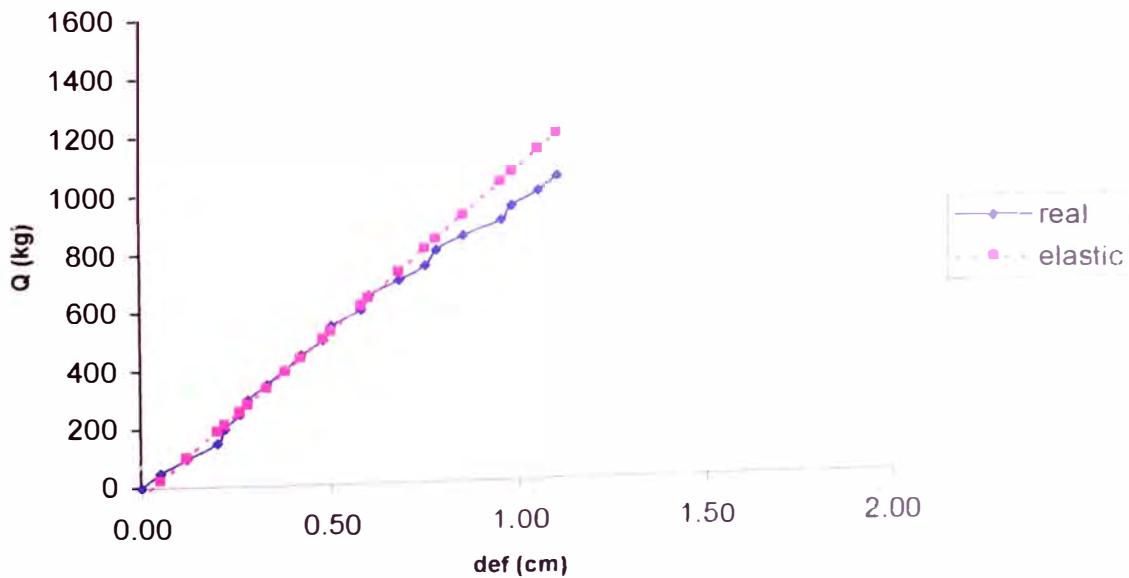
$$b (L/2) = -31.40$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.994$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-31.40	0.00
50	24.59	0.05
100	102.97	0.12
150	192.54	0.20
200	214.94	0.22
250	259.73	0.26
300	282.12	0.28
350	338.11	0.33
400	394.09	0.38
450	438.88	0.42
500	506.07	0.48
550	528.46	0.50
600	618.04	0.58
650	640.43	0.60
700	730.01	0.68
750	808.39	0.75
800	841.98	0.78
850	920.36	0.85
900	1032.33	0.95
950	1065.93	0.98
1000	1144.31	1.05
1050	1200.25	1.10
1100	--	--
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 07 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 08**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1067.11$$

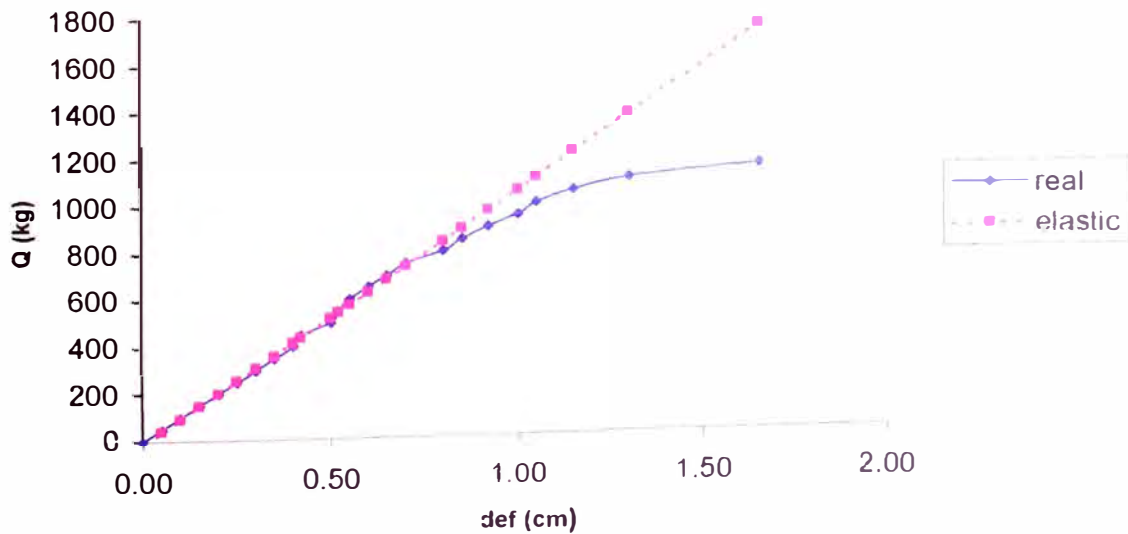
$$b (L/2) = -12.00$$

Con coeficiente de correlación:

$$r(L/2) = 0.997$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-12.00	0.00
50	41.36	0.05
100	94.71	0.10
150	148.07	0.15
200	201.42	0.20
250	254.78	0.25
300	308.13	0.30
350	361.49	0.35
400	414.84	0.40
450	436.19	0.42
500	521.56	0.50
550	542.90	0.52
600	574.91	0.55
650	628.27	0.60
700	681.62	0.65
750	734.98	0.70
800	841.69	0.80
850	895.04	0.85
900	969.74	0.92
950	1055.11	1.00
1000	1108.47	1.05
1050	1215.18	1.15
1100	1375.24	1.30
1150	1748.73	1.65
1200	--	--

**Probeta 08 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 09**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1206.00$$

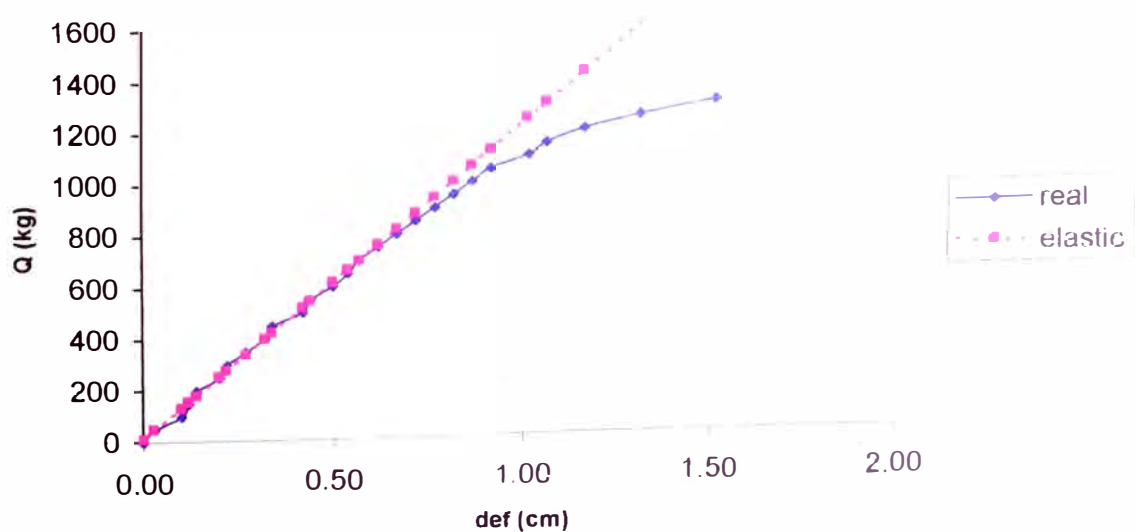
$$b (L/2) = 13.40$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.995$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	13.40	0.00
50	49.58	0.03
100	134.00	0.10
150	158.12	0.12
200	182.24	0.14
250	254.60	0.20
300	278.72	0.22
350	339.02	0.27
400	399.32	0.32
450	423.44	0.34
500	519.92	0.42
550	544.04	0.44
600	616.40	0.50
650	664.64	0.54
700	700.82	0.57
750	761.12	0.62
800	821.42	0.67
850	881.72	0.72
900	942.02	0.77
950	1002.32	0.82
1000	1062.62	0.87
1050	1122.92	0.92
1100	1243.52	1.02
1150	1303.82	1.07
1200	1424.42	1.17
1250	1605.32	1.32
1300	1846.52	1.52

**Probeta 09 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 10**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1109.51$$

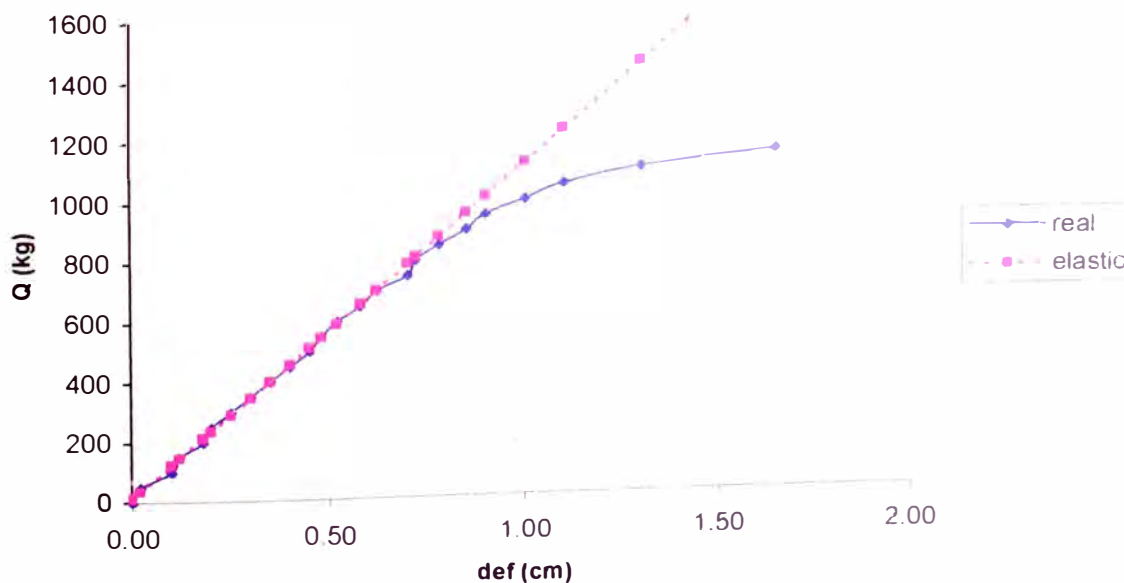
$$b (L/2) = 13.40$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.998$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	13.40	0.00
50	35.59	0.02
100	124.35	0.10
150	146.54	0.12
200	213.11	0.18
250	235.30	0.20
300	290.78	0.25
350	346.25	0.30
400	401.73	0.35
450	457.20	0.40
500	512.68	0.45
550	545.96	0.48
600	590.35	0.52
650	656.92	0.58
700	701.30	0.62
750	790.06	0.70
800	812.25	0.72
850	878.82	0.78
900	956.48	0.85
950	1011.96	0.90
1000	1122.91	1.00
1050	1233.85	1.10
1100	1455.76	1.30
1150	1844.09	1.65
1200	--	--

**Probeta 10 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 11**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1138.39$$

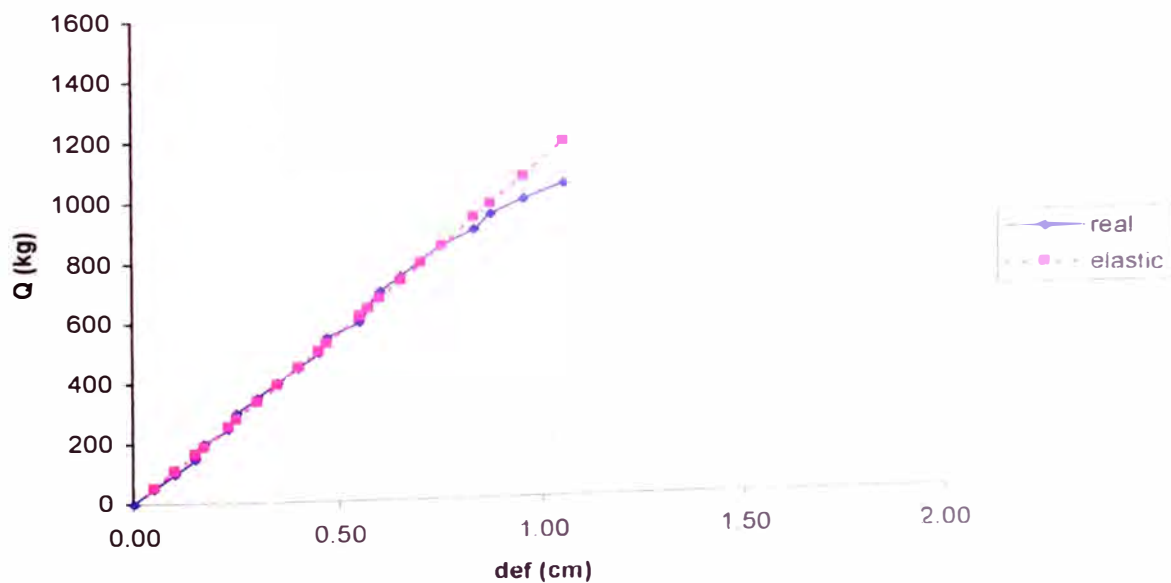
$$b (L/2) = -4.18$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.997$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-4.18	0.00
50	52.74	0.05
100	109.66	0.10
150	166.58	0.15
200	189.35	0.17
250	257.65	0.23
300	280.42	0.25
350	337.34	0.30
400	394.26	0.35
450	451.17	0.40
500	508.09	0.45
550	530.86	0.47
600	621.93	0.55
650	644.70	0.57
700	678.85	0.60
750	735.77	0.65
800	792.69	0.70
850	849.61	0.75
900	940.68	0.83
950	986.22	0.87
1000	1077.29	0.95
1050	1191.13	1.05
1100	--	--
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 11 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 12**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1045.17$$

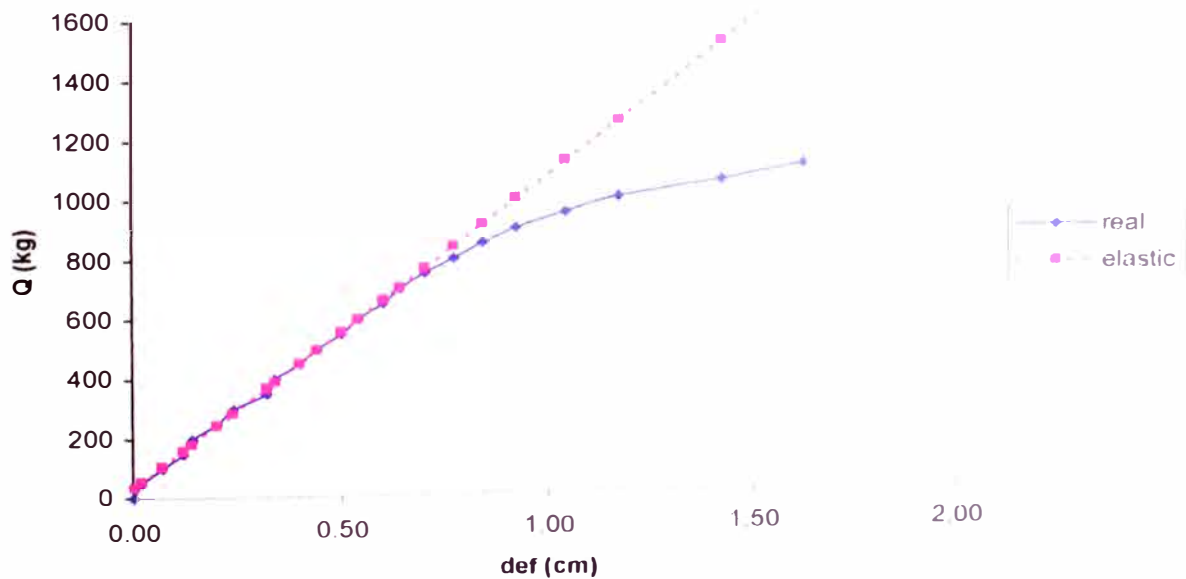
$$b (L/2) = 34.96$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.998$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	34.96	0.00
50	55.86	0.02
100	108.12	0.07
150	160.38	0.12
200	181.28	0.14
250	243.99	0.20
300	285.80	0.24
350	369.41	0.32
400	390.32	0.34
450	453.03	0.40
500	494.83	0.44
550	557.54	0.50
600	599.35	0.54
650	662.06	0.60
700	703.87	0.64
750	766.58	0.70
800	839.74	0.77
850	912.90	0.84
900	996.51	0.92
950	1121.93	1.04
1000	1257.80	1.17
1050	1519.09	1.42
1100	1728.13	1.62
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 12 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 13**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1009.02$$

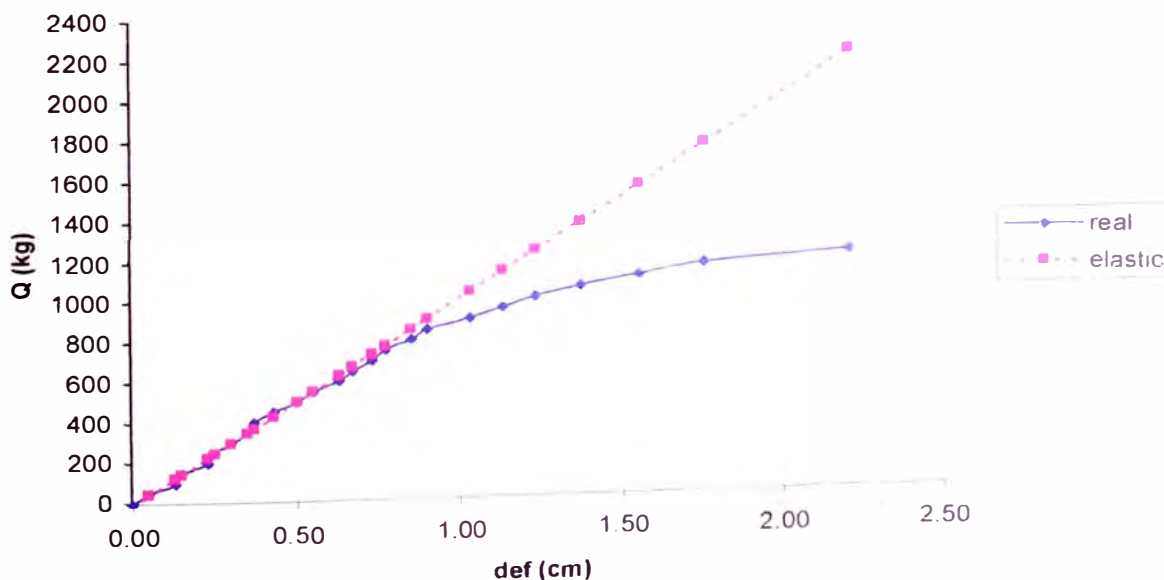
$$b (L/2) = -6.29$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.995$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-6.29	0.00
50	44.16	0.05
100	124.88	0.13
150	145.06	0.15
200	225.78	0.23
250	245.97	0.25
300	296.42	0.30
350	346.87	0.35
400	367.05	0.37
450	427.59	0.43
500	498.22	0.50
550	548.67	0.55
600	629.39	0.63
650	669.75	0.67
700	730.29	0.73
750	770.66	0.77
800	851.38	0.85
850	901.83	0.90
900	1033.00	1.03
950	1133.90	1.13
1000	1234.80	1.23
1050	1376.97	1.37
1100	1557.69	1.55
1150	1759.50	1.75
1200	2213.55	2.20

**Probeta 13 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**





**PROBETA: 14**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1003.38$$

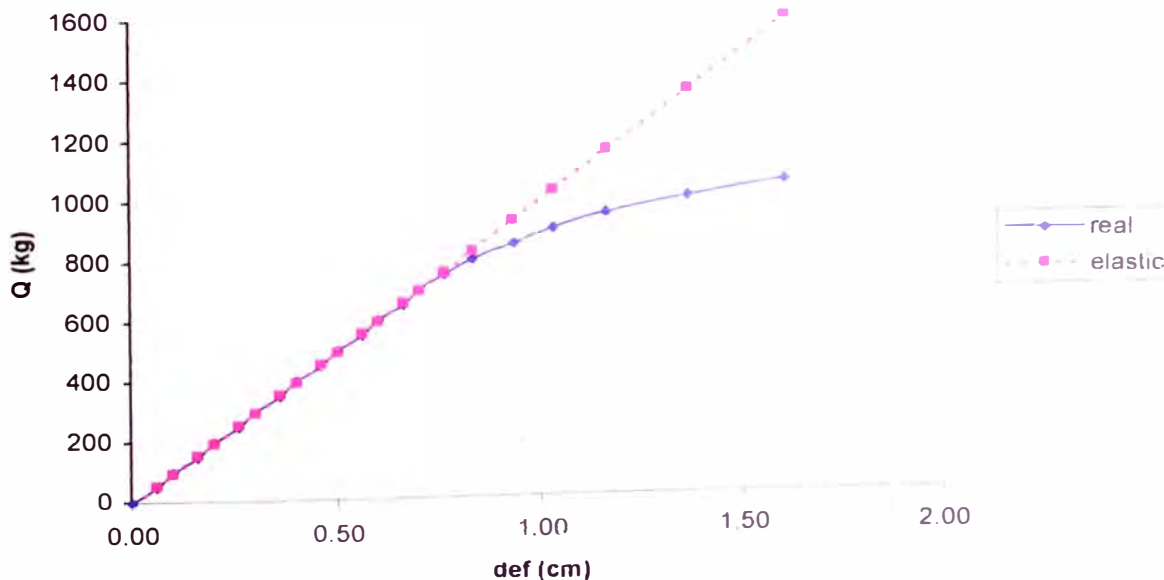
$$b (L/2) = -6.12$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 1.000$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-6.12	0.00
50	54.08	0.06
100	94.22	0.10
150	154.42	0.16
200	194.56	0.20
250	254.76	0.26
300	294.89	0.30
350	355.10	0.36
400	395.23	0.40
450	455.44	0.46
500	495.57	0.50
550	555.77	0.56
600	595.91	0.60
650	656.11	0.66
700	696.25	0.70
750	756.45	0.76
800	826.69	0.83
850	927.03	0.93
900	1027.36	1.03
950	1157.80	1.16
1000	1358.48	1.36
1050	1599.29	1.60
1100	--	--
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 14 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 15**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 963.46$$

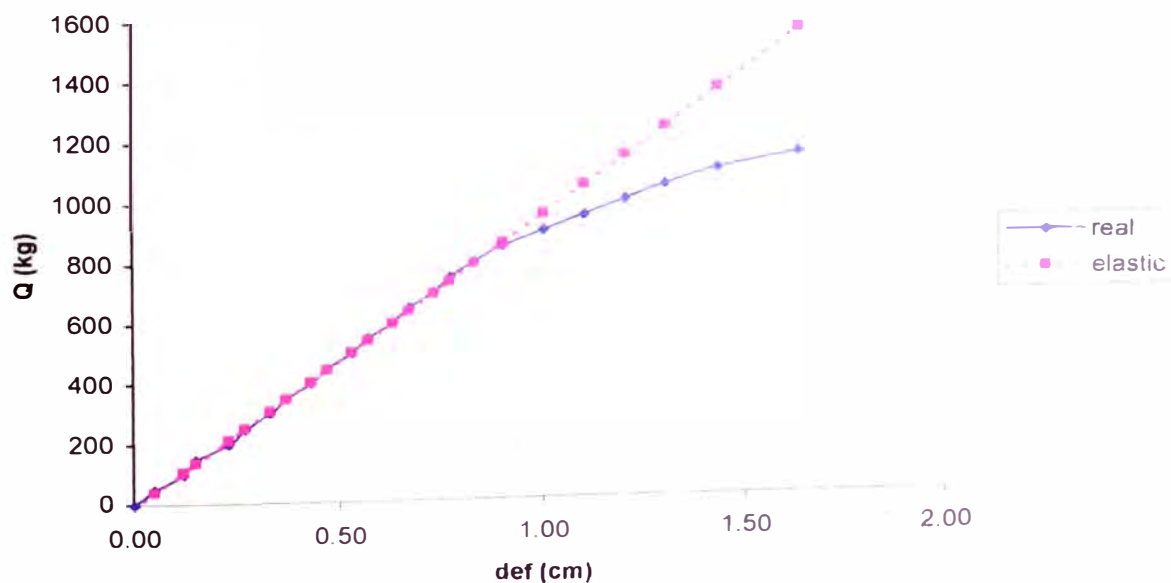
$$b (L/2) = -8.19$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.999$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-8.19	0.00
50	39.98	0.05
100	107.43	0.12
150	136.33	0.15
200	213.41	0.23
250	251.94	0.27
300	309.75	0.33
350	348.29	0.37
400	406.10	0.43
450	444.64	0.47
500	502.44	0.53
550	540.98	0.57
600	598.79	0.63
650	637.33	0.67
700	695.14	0.73
750	733.67	0.77
800	791.48	0.83
850	858.92	0.90
900	955.27	1.00
950	1051.62	1.10
1000	1147.96	1.20
1050	1244.31	1.30
1100	1369.56	1.43
1150	1562.25	1.63
1200	--	--

**Probeta 15 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 16**

DIMENSIONES: B= 5.20  
 H= 5.20  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1022.58$$

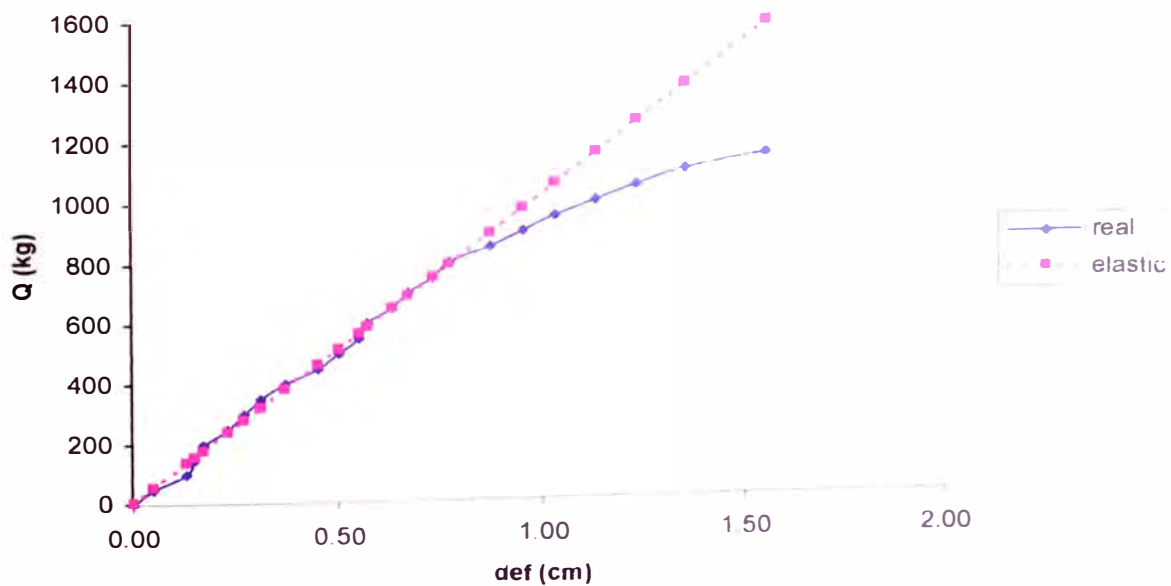
$$b (L/2) = 5.44$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.994$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	5.44	0.00
50	56.57	0.05
100	138.38	0.13
150	158.83	0.15
200	179.28	0.17
250	240.63	0.23
300	281.54	0.27
350	322.44	0.31
400	383.80	0.37
450	465.60	0.45
500	516.73	0.50
550	567.86	0.55
600	588.31	0.57
650	649.67	0.63
700	690.57	0.67
750	751.93	0.73
800	792.83	0.77
850	895.09	0.87
900	976.90	0.95
950	1058.70	1.03
1000	1160.96	1.13
1050	1263.22	1.23
1100	1385.93	1.35
1150	1590.45	1.55
1200	--	--

**Probeta 16 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 17**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1118.85$$

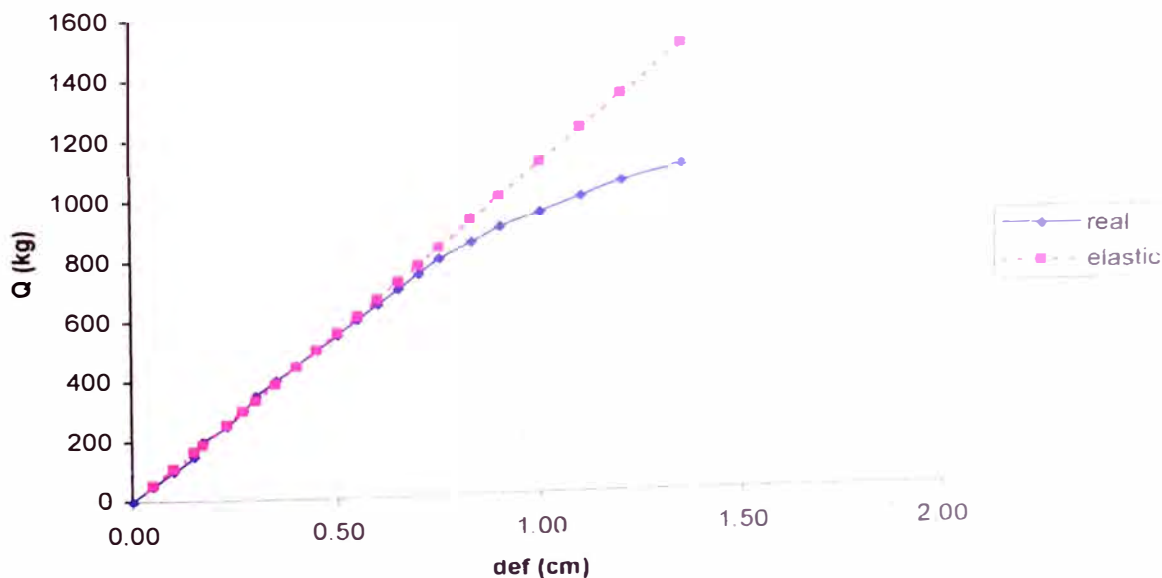
$$b (L/2) = -3.19$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.998$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-3.19	0.00
50	52.75	0.05
100	108.70	0.10
150	164.64	0.15
200	187.01	0.17
250	254.15	0.23
300	298.90	0.27
350	332.47	0.30
400	388.41	0.35
450	444.35	0.40
500	500.29	0.45
550	556.24	0.50
600	612.18	0.55
650	668.12	0.60
700	724.06	0.65
750	780.01	0.70
800	835.95	0.75
850	925.46	0.83
900	1003.78	0.90
950	1115.66	1.00
1000	1227.55	1.10
1050	1339.43	1.20
1100	1507.26	1.35
1150	--	--
1200	--	--

**Probeta 17 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 18**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1006.98$$

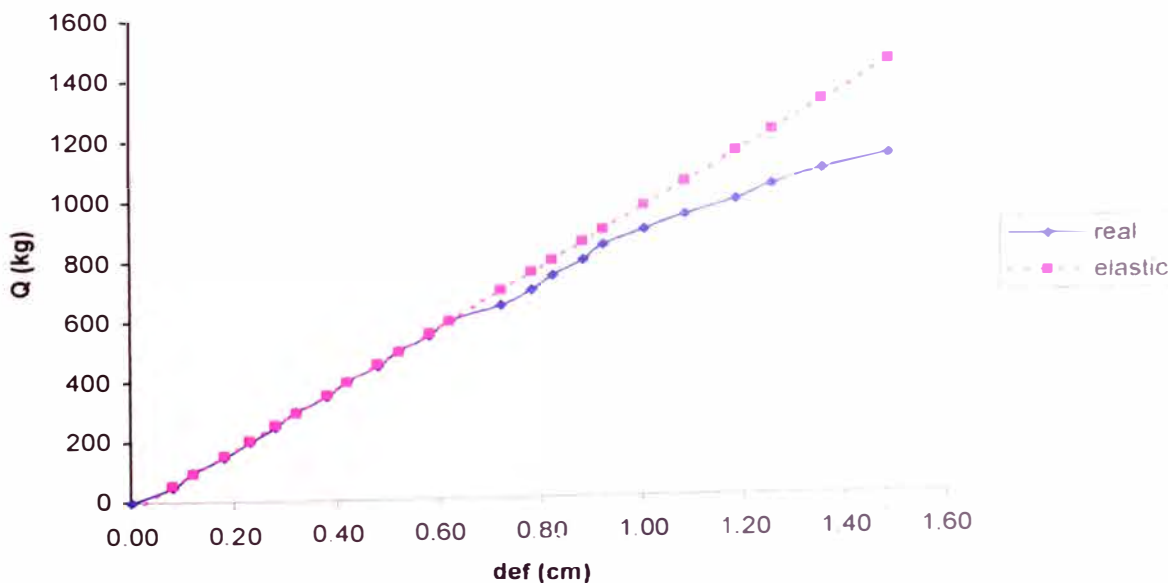
$$b (L/2) = -26.20$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 1.000$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-26.20	0.00
50	54.36	0.08
100	94.64	0.12
150	155.06	0.18
200	205.40	0.23
250	255.75	0.28
300	296.03	0.32
350	356.45	0.38
400	396.73	0.42
450	457.15	0.48
500	497.43	0.52
550	557.85	0.58
600	598.13	0.62
650	698.92	0.72
700	759.24	0.78
750	799.52	0.82
800	859.94	0.88
850	900.22	0.92
900	980.78	1.00
950	1061.34	1.08
1000	1162.03	1.18
1050	1232.52	1.25
1100	1333.22	1.35
1150	1464.13	1.48
1200	--	--

**Probeta 18 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 19**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 894.93$$

$$b (L/2) = 19.20$$

Con coeficiente de correlación:

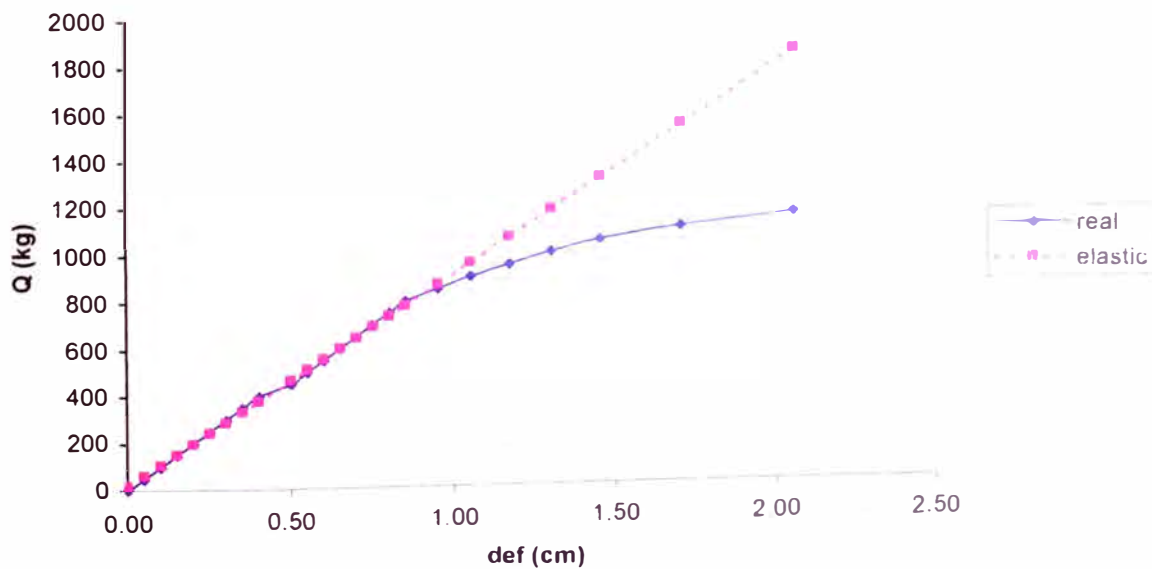
$$r (L/2) = 1.000$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.998$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	19.20	0.00
50	63.95	0.05
100	108.69	0.10
150	153.44	0.15
200	198.19	0.20
250	242.93	0.25
300	287.68	0.30
350	332.43	0.35
400	377.17	0.40
450	466.67	0.50
500	511.41	0.55
550	556.16	0.60
600	600.91	0.65
650	645.65	0.70
700	690.40	0.75
750	735.15	0.80
800	779.89	0.85
850	869.39	0.95
900	958.88	1.05
950	1066.27	1.17
1000	1182.61	1.30
1050	1316.35	1.45
1100	1540.59	1.70
1150	1853.82	2.05
1200	--	--

**Probeta 19 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: 20**

DIMENSIONES: B= 5.15  
 H= 5.15  
 L= 70.00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 1091.56$$

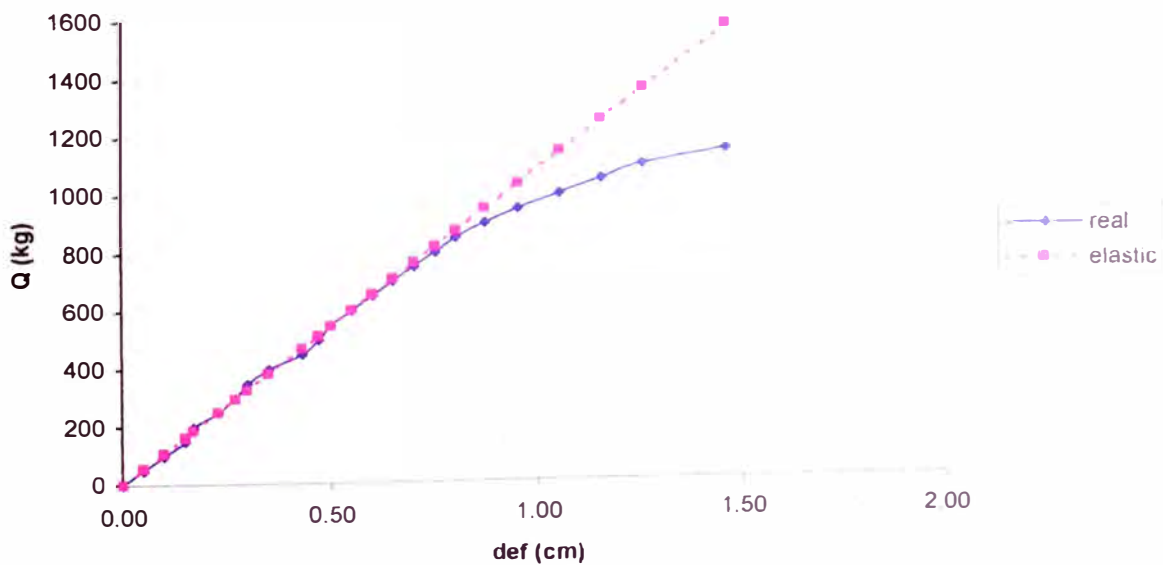
$$b (L/2) = 0.25$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0.997$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	0.25	0.00
50	54.83	0.05
100	109.41	0.10
150	163.98	0.15
200	185.82	0.17
250	251.31	0.23
300	294.97	0.27
350	327.72	0.30
400	382.30	0.35
450	469.62	0.43
500	513.29	0.47
550	546.03	0.50
600	600.61	0.55
650	655.19	0.60
700	709.77	0.65
750	764.34	0.70
800	818.92	0.75
850	873.50	0.80
900	949.91	0.87
950	1037.24	0.95
1000	1146.39	1.05
1050	1255.55	1.15
1100	1364.71	1.25
1150	1583.02	1.45
1200	--	--

**Probeta 20 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETAS DE 2.5 x 2.5 x 41.0 cm**

**PROBETA: P.01**

DIMENSIONES: B= 2,50  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 489,18$$

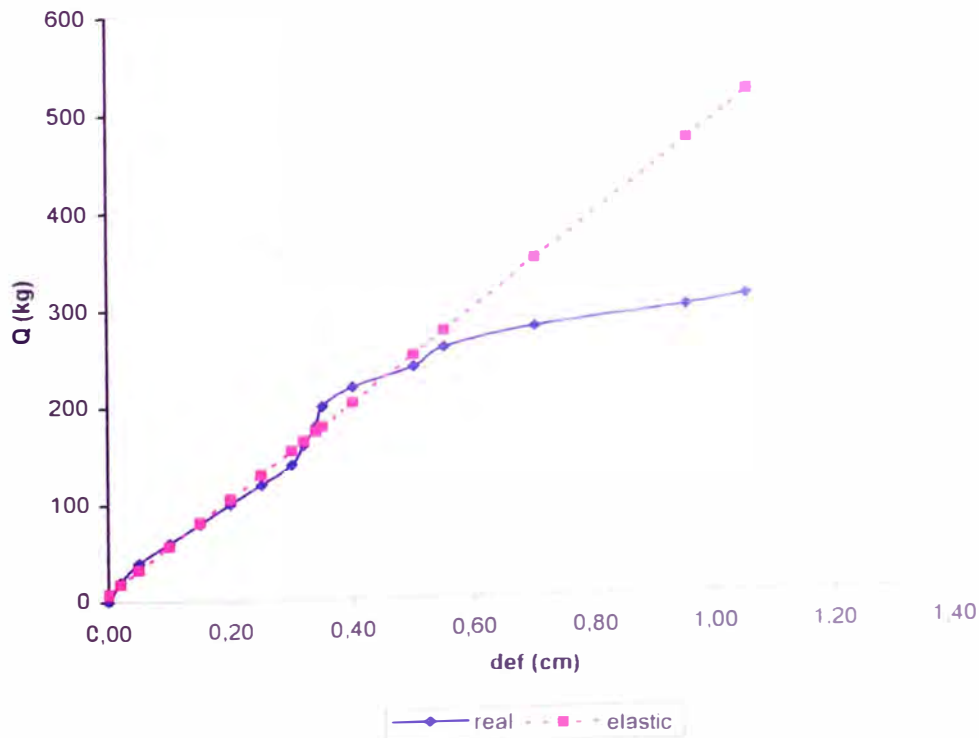
$$b (L/2) = 8,03$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,981$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	8,03	0,00
20	17,81	0,02
40	32,49	0,05
60	56,95	0,10
80	81,41	0,15
100	105,87	0,20
120	130,32	0,25
140	154,78	0,30
160	164,57	0,32
180	174,35	0,34
200	179,24	0,35
220	203,70	0,40
240	252,62	0,50
260	277,08	0,55
280	350,45	0,70
300	472,75	0,95
310	521,66	1,05
	--	--

**Probeta P.01 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**





**PROBETA: P.02**

DIMENSIONES: B= 2,50  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 441,10$$

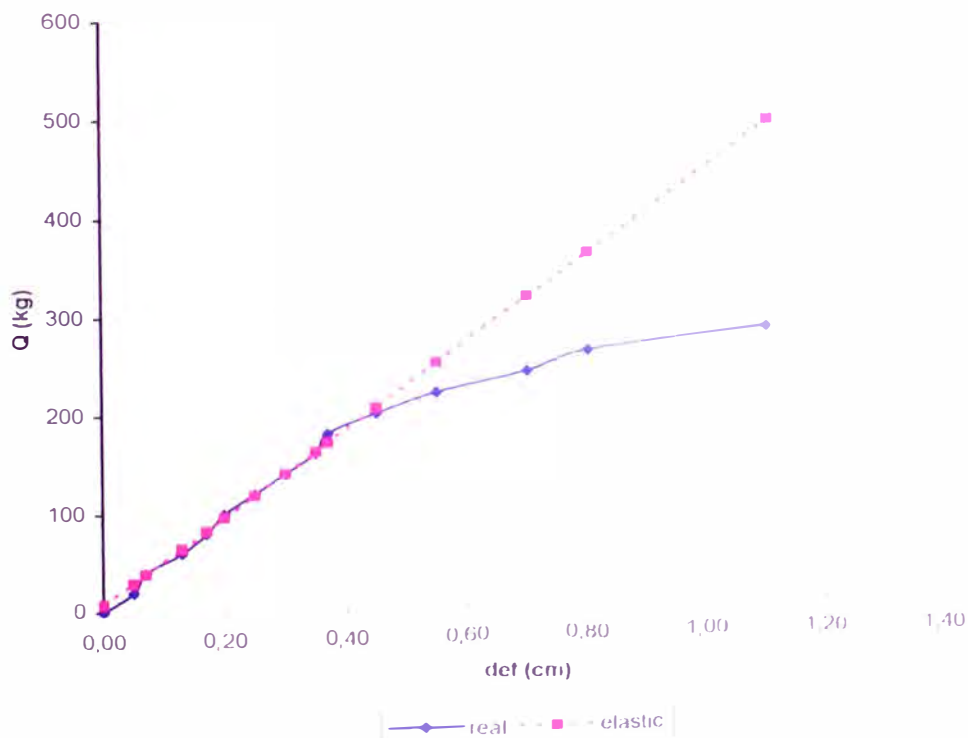
$$b (L/2) = 7,77$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,996$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	7,77	0,00
20	29,82	0,05
40	38,65	0,07
60	65,11	0,13
80	82,76	0,17
100	95,99	0,20
120	118,04	0,25
140	140,10	0,30
160	162,15	0,35
180	170,98	0,37
200	206,26	0,45
220	250,37	0,55
240	316,54	0,70
260	360,65	0,80
280	492,98	1,10
300	--	--

Probeta P.02 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



**PROBETA: P.03**

DIMENSIONES: B= 2,50  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (U2) = 400,00$$

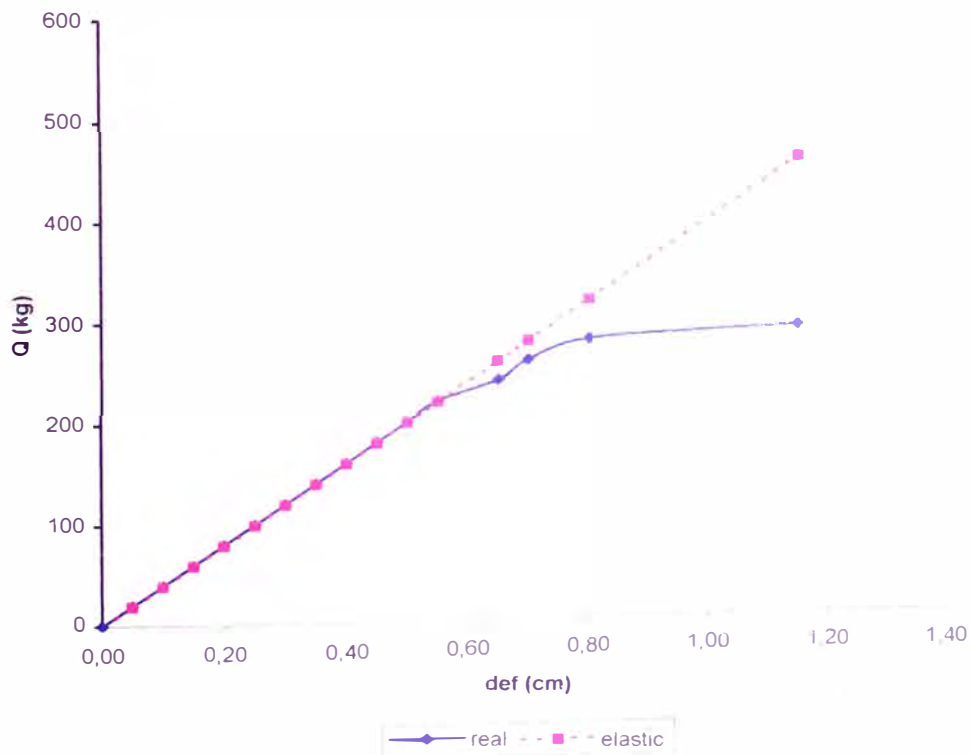
$$b (U2) = -1,02$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (U2) = 1,000$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-1,02	0,00
20	18,98	0,05
40	38,98	0,10
60	58,98	0,15
80	78,98	0,20
100	98,98	0,25
120	118,98	0,30
140	138,98	0,35
160	158,98	0,40
180	178,98	0,45
200	198,98	0,50
220	218,98	0,55
240	258,98	0,65
260	278,98	0,70
280	318,98	0,80
290	458,98	1,15
	--	--

**Probeta P.03 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: P.04**

DIMENSIONES: B= 2,50  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 333,80$$

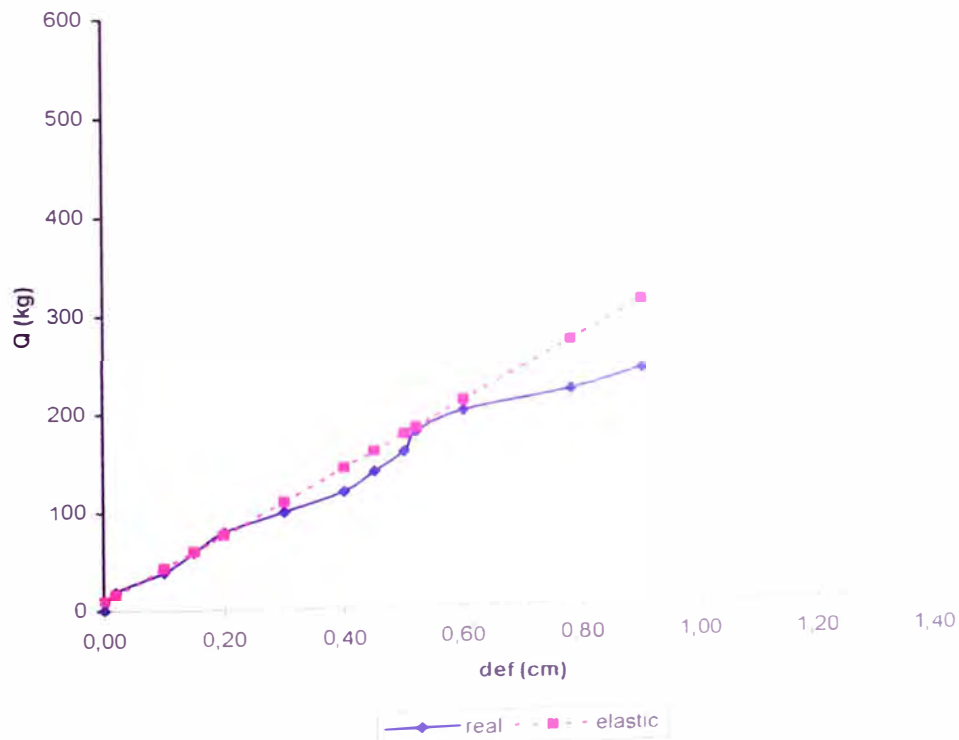
$$b (L/2) = 10,70$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,992$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	10,70	0,00
20	17,38	0,02
40	44,08	0,10
60	60,77	0,15
80	77,46	0,20
100	110,84	0,30
120	144,22	0,40
140	160,91	0,45
160	177,60	0,50
180	184,28	0,52
200	210,98	0,60
220	271,07	0,78
240	311,12	0,90
260	--	--
280	--	--
300	--	--

**Probeta P.04 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: P.05**

DIMENSIONES: B= 2,30  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 445,16$$

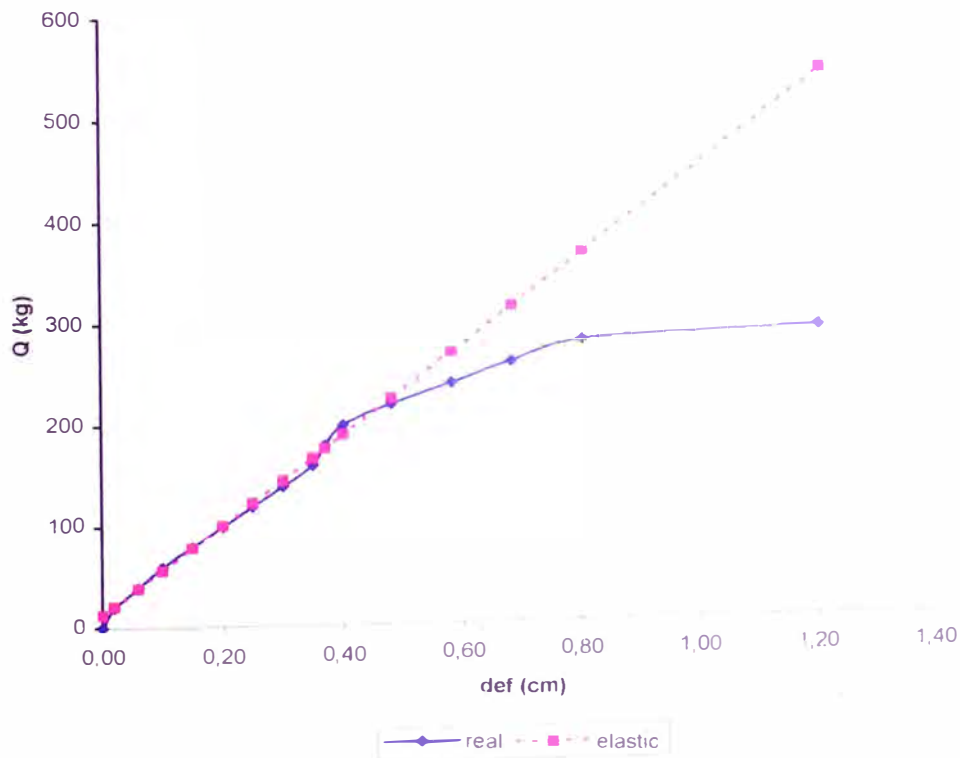
$$b (L/2) = 12,10$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,995$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	12,10	0,00
20	21,00	0,02
40	38,81	0,06
60	56,62	0,10
80	78,87	0,15
100	101,13	0,20
120	123,39	0,25
140	145,65	0,30
160	167,91	0,35
180	176,81	0,37
200	190,17	0,40
220	225,78	0,48
240	270,30	0,58
260	314,81	0,68
280	368,23	0,80
290	546,30	1,20
	--	--

Probeta P.05 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



**PROBETA: P.06**

DIMENSIONES: B= 2,50  
 H= 2,30  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 299,46$$

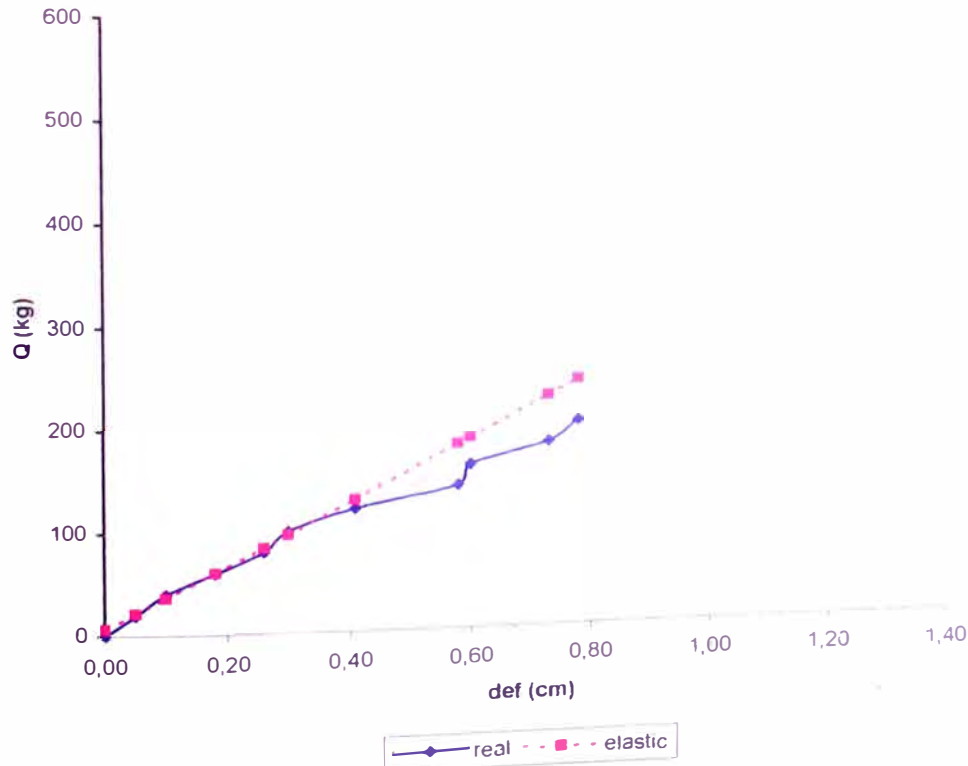
$$b (L/2) = 6,70$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,994$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	6,70	0,00
20	21,67	0,05
40	36,65	0,10
60	60,60	0,18
80	84,56	0,26
100	96,54	0,30
120	129,48	0,41
140	180,38	0,58
160	186,37	0,60
180	225,30	0,73
200	240,28	0,78
220	--	--
240		
260		
280		
300		

Probeta P.06 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



**PROBETA: P.07**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 353,09$$

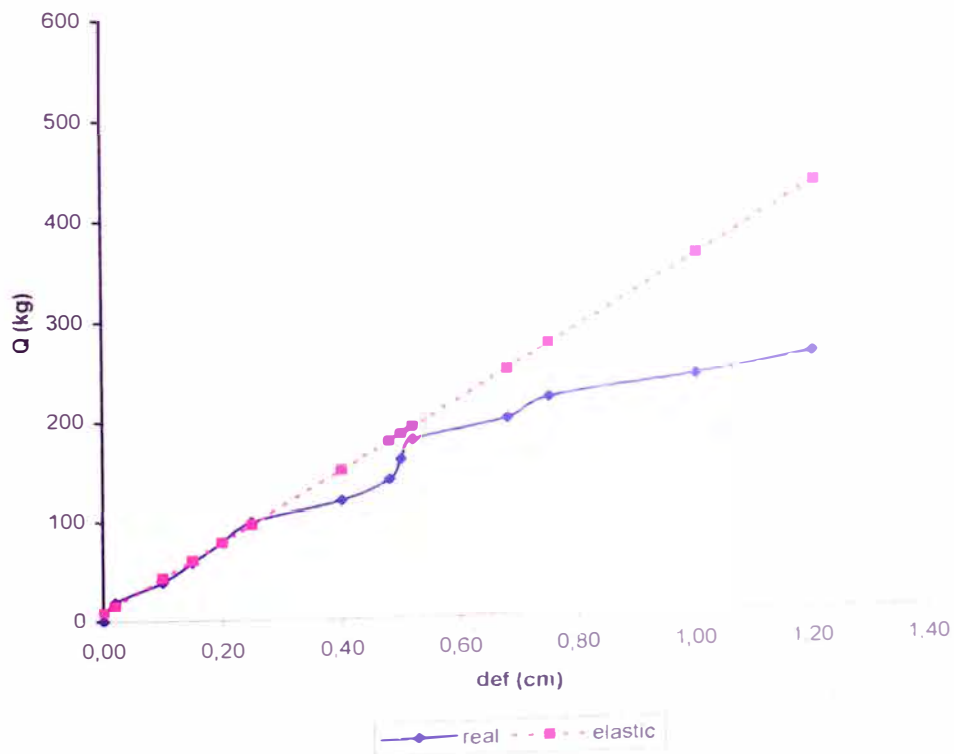
$$b (L/2) = 9,15$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,994$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	9,15	0,00
20	16,21	0,02
40	44,46	0,10
60	62,11	0,15
80	79,77	0,20
100	97,42	0,25
120	150,39	0,40
140	178,63	0,48
160	185,69	0,50
180	192,76	0,52
200	249,25	0,68
220	273,97	0,75
240	362,24	1,00
260	432,86	1,20
280	--	--
300	--	--

**Probeta P.07 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: P.08**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 298,51$$

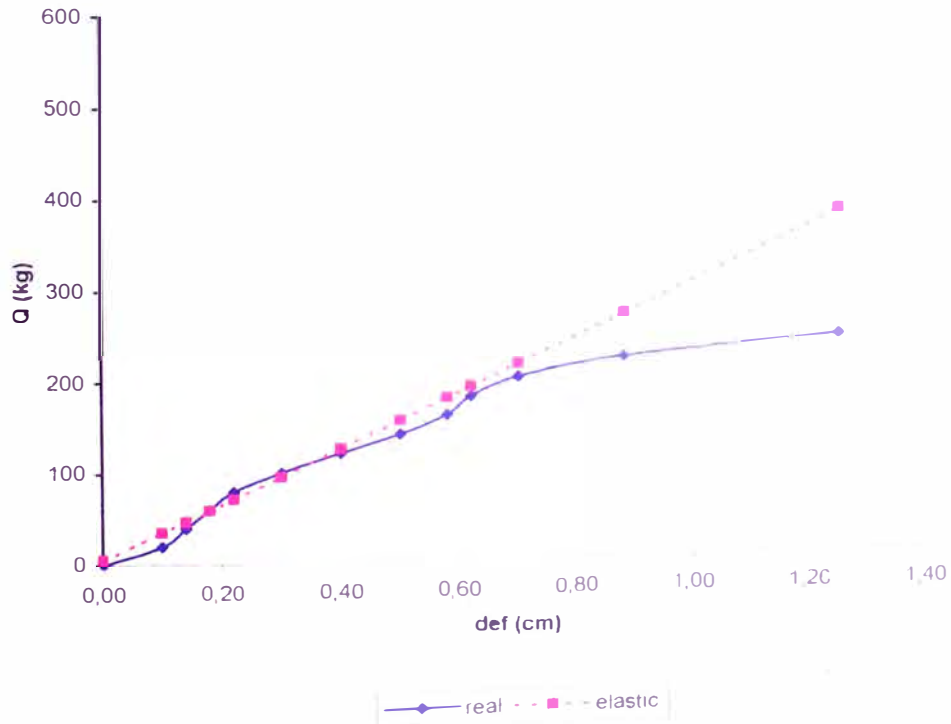
$$b (L/2) = 5,97$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,977$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	5,97	0,00
20	35,82	0,10
40	47,76	0,14
60	59,70	0,18
80	71,64	0,22
100	95,52	0,30
120	125,37	0,40
140	155,22	0,50
160	179,10	0,58
180	191,04	0,62
200	214,93	0,70
220	268,66	0,88
240	379,10	1,25
260	--	--
280	--	--
300	--	--

Probeta P.08 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



**PROBETA: P.09**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 283,00$$

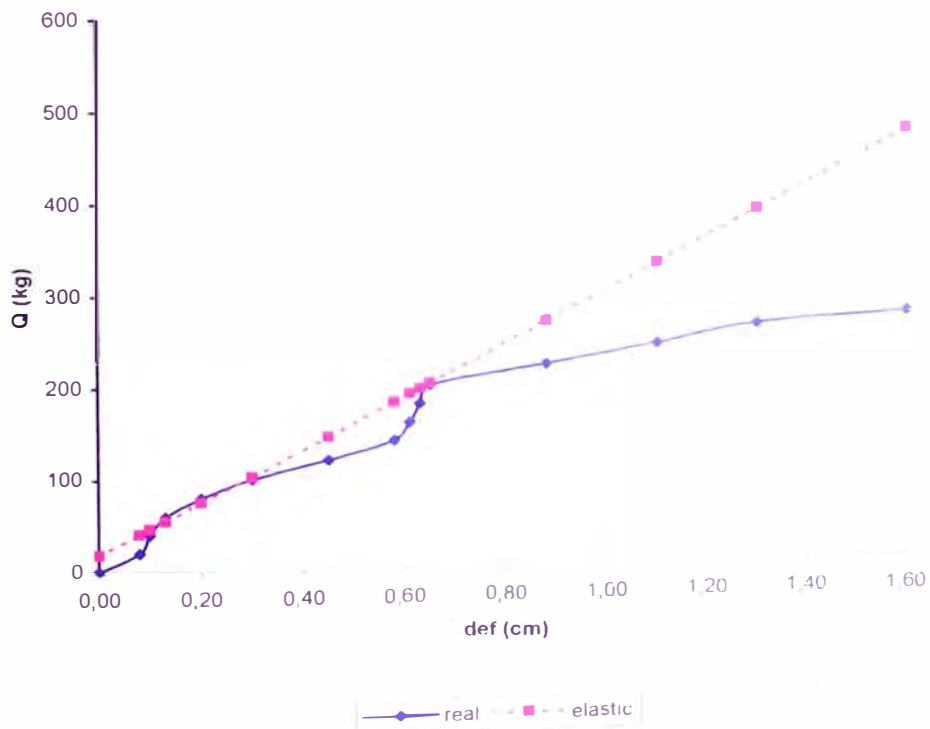
$$b (L/2) = 18,30$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,974$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	18,30	0,00
20	40,94	0,08
40	46,60	0,10
60	55,09	0,13
80	74,90	0,20
100	103,20	0,30
120	145,65	0,45
140	182,44	0,58
160	190,93	0,61
180	196,59	0,63
200	202,25	0,65
220	267,34	0,88
240	329,60	1,10
260	386,20	1,30
270	471,10	1,60
280	--	--

**Probeta P.09 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**





**PROBETA: P.10**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 302,33$$

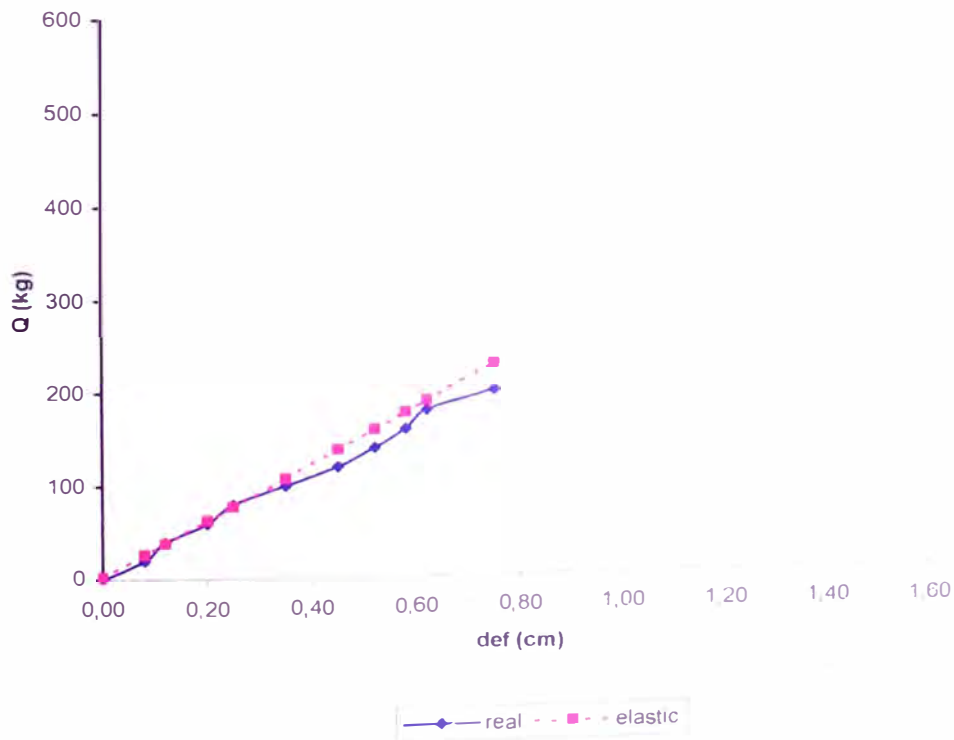
$$b (L/2) = 2,55$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,991$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	2,55	0,00
20	26,74	0,08
40	38,83	0,12
60	63,02	0,20
80	78,13	0,25
100	108,36	0,35
120	138,60	0,45
140	159,76	0,52
160	177,90	0,58
180	189,99	0,62
200	229,29	0,75
220	--	--
240		
260		
270		
280		

**Probeta P.10 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: P.11**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 379,75$$

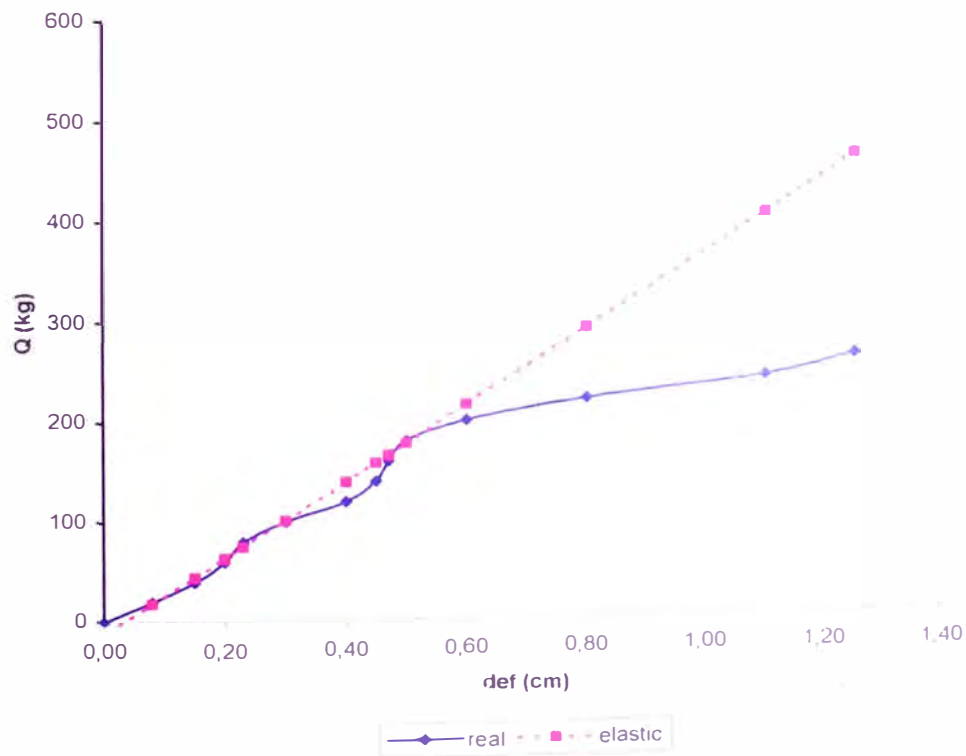
$$b (L/2) = -12,40$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,974$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-12,40	0,00
20	17,98	0,08
40	44,56	0,15
60	63,55	0,20
80	74,94	0,23
100	101,52	0,30
120	139,50	0,40
140	158,49	0,45
160	166,08	0,47
180	177,47	0,50
200	215,45	0,60
220	291,40	0,80
240	405,32	1,10
260	462,28	1,25
280	--	--
300	--	--

Probeta P.11 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



**PROBETA: P.12**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L2) = 297,14$$

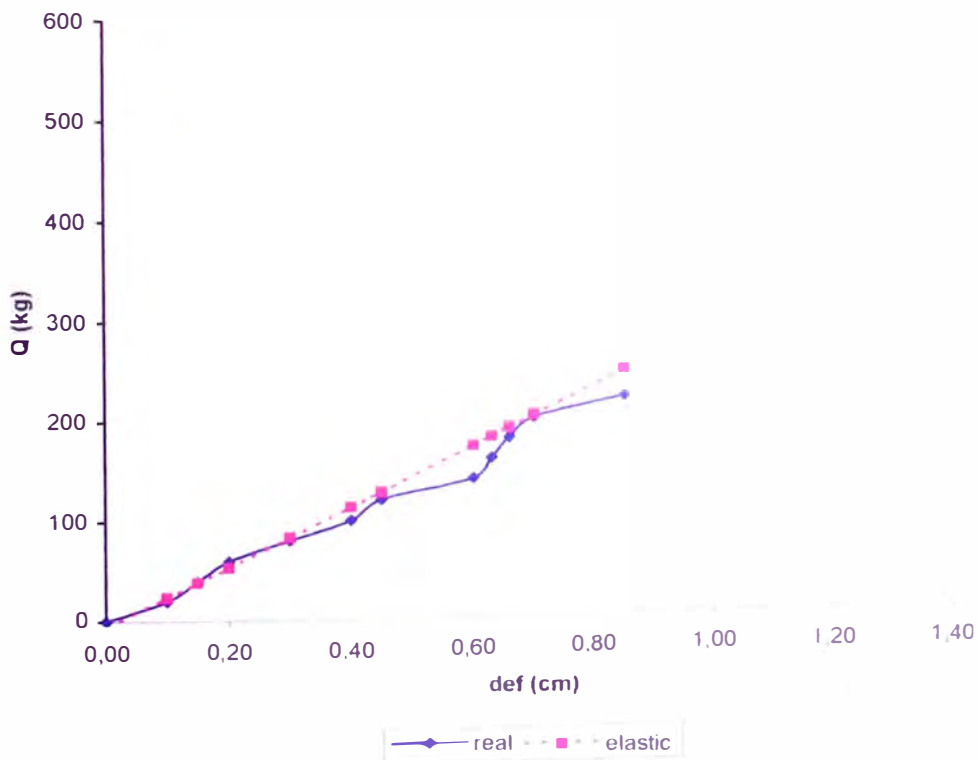
$$b (L2) = -5,72$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L2) = 0,983$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-5,72	0,00
20	23,99	0,10
40	38,85	0,15
60	53,71	0,20
80	83,42	0,30
100	113,14	0,40
120	127,99	0,45
140	172,57	0,60
160	181,48	0,63
180	190,39	0,66
200	202,28	0,70
220	246,85	0,85
240	--	--
260		
280		
300		

Probeta P.12 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



**PROBETA: P.13**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,30  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 362,64$$

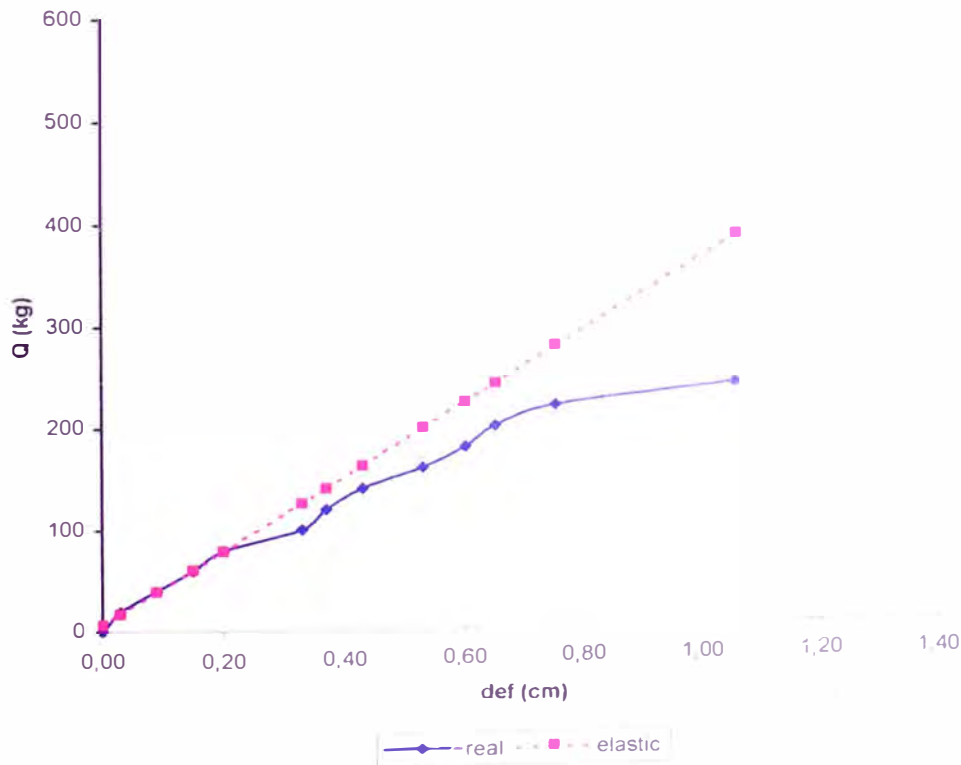
$$b (L/2) = 6,81$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,999$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	6,81	0,00
20	17,69	0,03
40	39,45	0,09
60	61,21	0,15
80	79,34	0,20
100	126,48	0,33
120	140,99	0,37
140	162,74	0,43
160	199,01	0,53
180	224,39	0,60
200	242,52	0,65
220	278,79	0,75
240	387,58	1,05
260	--	--
280	--	--
300	--	--

**Probeta P.13 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: P.14**

DIMENSIONES: B= 2,30  
 H= 2,50  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 347,38$$

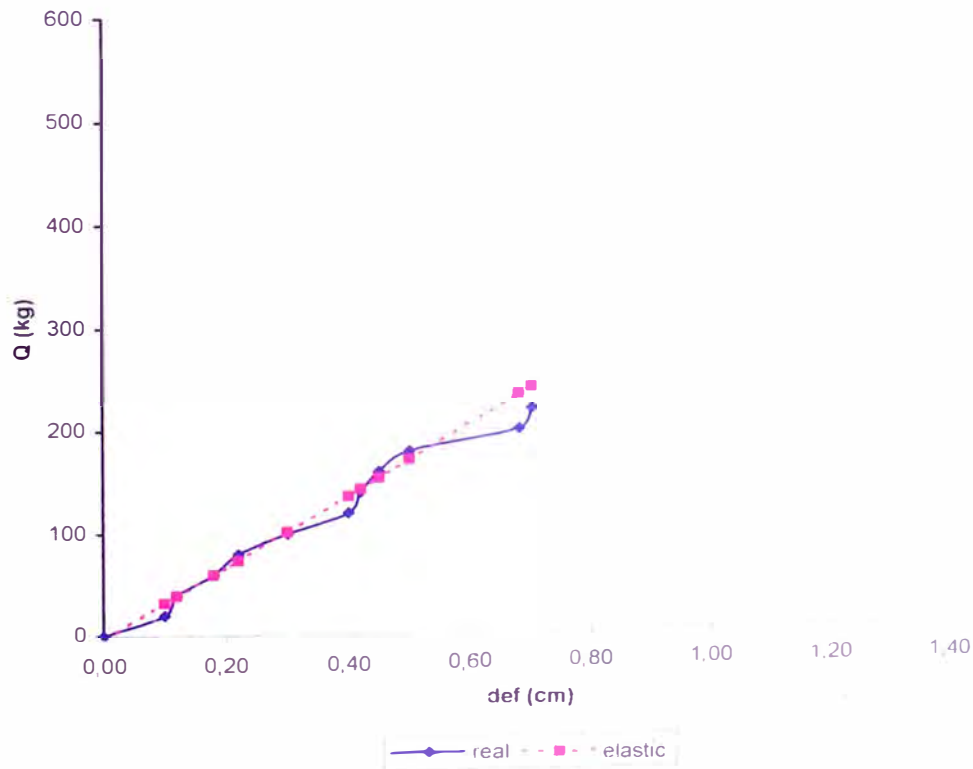
$$b (L/2) = -2,46$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,987$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-2,46	0,00
20	32,28	0,10
40	39,23	0,12
60	60,07	0,18
80	73,96	0,22
100	101,75	0,30
120	136,49	0,40
140	143,44	0,42
160	153,86	0,45
180	171,23	0,50
200	233,76	0,68
220	240,70	0,70
240	--	--
260		
280		
300		

**Probeta P.14 : Deformaciones y ajuste al estado elástico**



**PROBETA: P.15**

DIMENSIONES: B= 2,40  
 H= 2,40  
 L= 35,00

La ecuación será de la forma:

$$Q = m Y + b$$

donde:

$$m (L/2) = 333,80$$

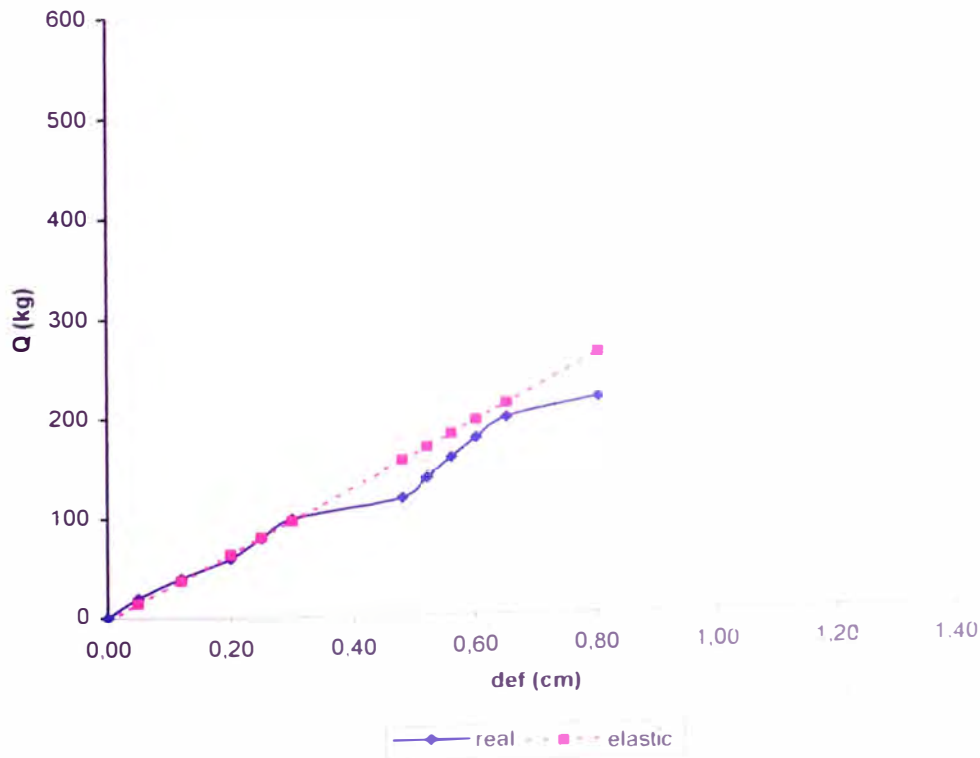
$$b (L/2) = -2,60$$

Con coeficiente de correlación:

$$r (L/2) = 0,992$$

CARGA APLICADA (kg)	CARGA CORREGIDA (kg)	DEFORMACION EN L/2 (cm)
0	-2,60	0,00
20	14,09	0,05
40	37,46	0,12
60	64,16	0,20
80	80,85	0,25
100	97,54	0,30
120	157,63	0,48
140	170,98	0,52
160	184,33	0,56
180	197,68	0,60
200	214,37	0,65
220	264,44	0,80
240	--	--
260		
280		
300		

Probeta P.15 : Deformaciones y ajuste al estado elástico



## **ANEXO C: NORMAS EMPLEADAS**

- **Anexo C.1: E.101-Agrupamiento de Maderas para uso Estructural.**
- **Anexo C.2: ITINTEC-251.107 MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural.**

## Agrupamiento de maderas para uso estructural

CCDIGO E-101

Aprobado por R.M. N° 059-89-VC-9600 de 29.02.89

NORMA: E 101 AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO ESTRUCTURAL

### 1 Normas a consultar

ITINTEC	251.001 MADERAS. Terminología
ITINTEC	251.011 MADERAS. Método de determinación de la densidad
ITINTEC	251.104 MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Clasificación Visual y Requisitos.
ITINTEC	251.107 MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para uso Estructural. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural.

**COMENTARIOS A LA NORMA** (en este capítulo los comentarios están con *semipared*)

#### PROLOGO

La Norma E 101 Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural, ha sido escrita en forma directa y concisa en virtud de su carácter reglamentario y no presenta detalles ni sugerencias para el cumplimiento de sus exigencias. Consecuentemente los criterios y consideraciones en que se ha basado el Comité Especializado para la elaboración de la Norma no son expuestos, por esta razón, el Comité no es conveniente presentar estos Comentarios que aclaran dichos criterios y que en otros casos los complementan, facilitando su aplicación.

La numeración de cada capítulo y sección de los Comentarios tiene correspondencia con los de la Norma.

### 2 Objeto

2.1 - Esta Norma establece el agrupamiento de la madera para uso estructural en tres clases denominadas A, B y C y fija los requisitos y el procedimiento que se deberá seguir para la incorporación de especies a los grupos establecidos.

*C2.1 - Se trata de establecer la normalización que permita la incorporación de las especies maderables de los bosques peruanos al mercado de madera aserrada para uso estructural, ofreciendo al usuario un mayor número de especies utilizables. Los bosques del País son en su mayoría bosques tropicales con un gran número de especies, siendo el volumen de madera por especie no tan abundante, de manera que una utilización racional se logra al agrupar las especies en función de sus características. Se espera así, promocionar nuevas especies con características similares o mejores a las actualmente comercializadas, lo que evitaría la extracción selectiva y la posible extinción de las más conocidas.*

### 3 Campo de aplicación

3.1 - Los valores establecidos en esta Norma son aplicables a madera aserrada que cumple con los requisitos establecidos en la norma ITINTEC 251.104. Maderas coníferas de procedencia extranjera podrán agruparse siempre que cumplan con normas de calidad internacionalmente reconocidas y que resulten en características de resistencia mecánica similares a las de los grupos establecidos en esta norma.

*C3.1 - La norma de clasificación visual ITINTEC 251.104, es de orientación a maderas latifoliadas y a las coníferas nativas.*

3.2 - Los valores establecidos en esta Norma son aplicables a madera aserrada en condiciones normales. Para condiciones especiales los requisitos serán establecidos en las normas correspondientes.

*C3.2 - Pueden existir condiciones extremas o internas que de alguna manera alteren las propiedades de la madera como temperatura, humedad, ambientes corrosivos y otras, que requieran especificaciones especiales o modificaciones de los valores de diseño, estas serán establecidas por las normas de diseño aplicables en cada caso.*

### 4 Definiciones

Para los fines de esta norma se define:

4.1 - Densidad Básica.- Es la relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde. Se expresa en g/cm<sup>3</sup>.

4.2 - Esfuerzo Básico.- Es el esfuerzo mínimo obtenido de ensayos de propiedades mecánicas que sirve de base para la determinación del esfuerzo admisible. Este mínimo corresponde a un límite de exclusión de 5% cuando se aplica.

4.3 - Esfuerzos Admisibles.- Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales.

4.4 - Madera Estructural o Madera para Estructuras.- Es aquella que cumple con la Norma ITINTEC 251.104, sus características mecánicas aptas para resistir cargas.

4.5 - Madera Humeda.- Es aquella cuyo contenido de humedad es superior al del equilibrio higroscópico.

4.6 - Madera Seca.- Es aquella cuyo contenido de humedad es menor o igual que el correspondiente al equilibrio higroscópico.

4.7 - Módulo de Elasticidad Mínimo ( $E_{mínimo}$ ).- Es el obtenido como el menor valor para las especies del grupo correspondiente a un límite de exclusión del 5% (límite de diseño) de los ensayos de flexión.

4.8 - Módulo de Elasticidad Promedio ( $E_{promedio}$ ).- Es el obtenido como el menor de los valores promedio de las especies del grupo. Este valor corresponde al promedio de los resultados de los ensayos de flexión.

### 5 Agrupamiento

5.1 - El agrupamiento está basado en los valores de la densidad básica y de la resistencia mecánica.

*C5.1 - El agrupamiento puede ser establecido, básicamente, a base de la resistencia y no necesariamente de la densidad con respecto al agua. En un grupo no se admitirán especies que difieran en sus características de resistencia.*

5.2 - Los valores de la densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C, serán los siguientes:



5.2.1 - Densidad básica

GRUPO	DENSIDAD BASICA g/cm <sup>3</sup>
A	≥ 0.71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

CS.2.1 - En algunos casos las especies agrandadas podrían no corresponder estrictamente a estos límites. En un futuro podrá definirse un grupo de especies con densidad superior por debajo de 0.4 g/cm<sup>3</sup>.

5.2.2 - Módulo de elasticidad\*

GRUPO	Módulo de Elasticidad (E) MP a (kg/cm <sup>2</sup> )	
	E <sub>minimo</sub>	E <sub>promedio</sub>
A	9 316 (96 000)	12 746 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	9 226 (95 000)

Nota: el módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras.

5.2.2 - Los módulos de elasticidad mínimo y promedio fueron obtenidos en base a ensayos de flexión en probetas eucaliptas libres de defectos, realizados en 104 especies del Grupo Andino, incluyendo 20 especies peruanas (Refs. 1, 3, 2).

Adicionalmente se realizaron ensayos en vigas a escala natural de algunas especies estudiadas (Refs. 3, 3, 3, 4). Estos módulos pueden ser utilizados conservadoramente en acción o compresión en la dirección paralela a las fibras.

2.3 - Esfuerzos Admisibles\*

GRUPO	Esfuerzos Admisibles (MPa - kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión F <sub>1</sub>	Tracción Paralela F <sub>2</sub>	Compresión Paralela F <sub>3</sub>	Compresión Perpendicular F <sub>4</sub>	Corte Paralelo F <sub>5</sub>
A	20.6 (210)	14.2 (145)	14.2 (145)	3.3 (30)	1.8 (18)
B	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (26)	1.2 (12)
C	9.8 (100)	7.3 (75)	7.8 (80)	1.8 (18)	0.8 (8)

Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo.

5.2.3 - Para el diseño estructural de elementos de madera los valores establecidos en 5.2.2 y 5.2.3 no deben ser excedidos menos que se demuestre de conformidad con lo establecido durante ensayos de elementos de tamaño natural, realizados con las normas ITINTEC pertinentes, que se pueden usar valores superiores. Estos valores se usaran en conjunción con limitaciones resultantes de consideraciones de estabilidad, fallas por retorcimiento o modificaciones propias de la madera fuera de la ingeniería.

Los esfuerzos admisibles (los módulos de elasticidad fuer), obtenidos en madera húmeda, pueden ser usados para madera seca basándose en la hipótesis que la madera se comporte igual o mejor resistiendo que a humedad. Por otro lado, existe evidencia de que en la construcción se debe observar por lo general un comportamiento más frágil (Ref. 3, 4).

Los esfuerzos admisibles establecidos en resultados de ensayo con probetas pequeñas libres de defectos de 104 especies del Grupo Andino, incluye enda 20 del Perú (Refs. 3, 1, 3, 2). Estos ensayos se realizaron según las normas ITINTEC (Refs. 3, 5, 8, 7, 8, 8). Adicionalmente se efectuaron ensayos a escala natural (Refs. 3, 3, 3, 4).

Para los esfuerzos de tracción no se usó esta metodología, basándose en considerarlo los esfuerzos admisibles como 70% de los correspondientes a flexión.

A diferencia del diseño en concreto armado y en acero donde se usan métodos de resistencia última, las estructuras de madera en la práctica usualmente estática se diseñan por métodos de esfuerzos admisibles, reduciendo la resistencia en vez de incrementar las cargas.

Los esfuerzos admisibles se han determinado aplicando la siguiente expresión (Refs. 3, 3, 3, 4):

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{F_0 \times F_T}{F_S \times F_{D/C}} \times \text{Esfuerzo básico}$$

Donde:

FC = Coeficiente de reducción por efectos de corte.  
 Se da relación entre el esfuerzo admisible por elementos a escala natural e igual por ejemplo a el correspondiente esfuerzo para miembros naturales libres de defectos de una muestra de la muestra de los defectos a la resistencia y efectos de dimensión (Ref. 3, 2).

FD = Coeficiente de reducción por tamaño. Representa la reducción en los valores resistivos por una pieza en función de su altura.

$$F_T = 1.0 \text{ (normal)} \quad \text{Aumentado}$$

Esta expresión incluye límites de altura (L < 10) para miembros informacion experimental.

Para la determinación del F<sub>T</sub> se usó h = 200 mm. Para miembros de altura mayor de 200 mm, deberá considerarse el valor de reducción correspondiente.

F<sub>S</sub> = Coeficiente de reducción por tamaño.  
 F<sub>D/C</sub> = Coeficiente de reducción por carga dinámica y/o retorcimiento presentada en ensayos de vigas a escala natural (Ref. 3, 2).

Coefficientes de reducción para la determinación de los esfuerzos admisibles:

	Flexión	Compresión Paralela	Corte Paralelo	Compresión Perpendicular
FC	0.80	*	*	*
FD	0.80	*	*	*
FS	0.80	1.30	1.00**	1.30
FDC	1.15	1.25	*	*

(\*) Incluye en F<sub>T</sub>

(\*\*) Incluye en corte perpendicular: multiplicación de esfuerzos a 2.00 de corte perpendicular, obtenidos en el ensayo de corte, cuando se usó ejemplos de las vigas.

Atención: que se no se usen más esfuerzos de 3.3 gr/cm<sup>2</sup> (3.3 MPa) y valores de las Tablas 5.2.2 y 5.2.3, cuando se requirieran.

5.3 - Los módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles establecidos en 5.2 sólo son aplicables para madera aserrada que cumple con lo establecido en 3.

## 6 Incorporación de especies a los grupos A, B y C

### 6.1 Requisitos

6.1.1 - El procedimiento a seguir para la incorporación de especies a los grupos A, B y C deberá ser el establecido en el acápite 6.2 de esta Norma.

6.1.2 - La incorporación de especies a los grupos establecidos se hará en función de la densidad básica y de la resistencia mecánica obtenida mediante ensayos de flexión de vigas de madera de tamaño natural, según la norma ITINTEC 251.107. Se deberá ensayar un mínimo de 30 vigas provenientes por lo menos de 3 árboles por especie.

*6.1.2 - Las propiedades mecánicas determinadas mediante ensayos de laboratorio en probetas pequeñas libres de defectos no son suficientes para definir valores de diseño aplicables a elementos estructurales de tamaño natural, que incluyen defectos que alteran su rigidez y resistencia. Por esta razón es necesario realizar ensayos de vigas.*

*Para que los resultados sean confiables se requiere que las muestras sean representativas de las características de la especie. Considerando un coeficiente de variación de 0.22 se deben ensayar 30 vigas por especie provenientes de 10 árboles y tres repeticiones por árbol para conseguir un intervalo de confianza del valor medio de  $\pm 10\%$  con una seguridad estadística de 95% (Ref. 5.12, 5.13).*

*En vista de las dificultades para la colección de las muestras directamente del bosque por las condiciones de distribución climáticas, transporte y otras, se ha considerado que, proporcionalmente, se puede aceptar para estos probetas un número de 3 árboles.*

6.1.3 - La identificación de la especie y los ensayos estructurales deberán ser efectuados por laboratorios debidamente reconocidos, los que emitirán y garantizarán los resultados correspondientes de conformidad con los requisitos exigidos por el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de Vivienda - ININVI.

### 6.2 Procedimiento

6.2.1 - Se identifican las especies en forma botánica y se efectúa la descripción anatómica de las muestras de madera.

6.2.2 - Se determina la densidad básica promedio de la especie (ITINTEC 251.011) y se la compara con los valores establecidos en 5.2.1, obteniéndose así un agrupamiento provisional.

6.2.3 - Se determinan los valores de la rigidez (Módulo de Elasticidad) y de la resistencia (Esfuerzo Admisible por flexión), a partir de vigas a escala natural que cumplan con los requisitos de la norma ITINTEC 251.104, ensayadas de acuerdo a la norma ITINTEC 251.107.

6.2.4 - Se comparan los módulos de elasticidad y los esfuerzos admisibles en flexión obtenidos según la norma ITINTEC 251.107 con los valores establecidos en 5.2.2 y 5.2.3.

6.2.5 - Si los valores obtenidos son superiores a los valores del grupo provisional obtenidos por la densidad, se clasifica a la especie en dicho grupo. Si los valores alcanzados de un grupo resistente se la clasifica en el grupo superior. En

caso contrario, si los valores no alcanzan a los del grupo provisional se la clasifica en el grupo inferior.

6.2.6 - Agrupada la especie, podrán adoptarse para el diseño todos los esfuerzos admisibles indicados en 5.2.3.

## 7 Registro de grupos de especies de madera para uso estructural

7.1 - El ININVI mantendrá un Registro actualizado de los grupos de especies de madera aserrada para uso estructural.

7.2 - La incorporación de especies que cumplan con lo establecido en esta Norma al Registro señalado en 7.1 será autorizada por el ININVI.

## 8 Referencias

8.1 - PADT-REFORT-UNAC, 1980. *Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 29 especies de Perú*. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima - Perú.

8.2 - PADT-REFORT-UNAC, 1980. *Revisada 1987. Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de 104 Maderas de los Bosques Tropicales del Grupo Andino*. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima - Perú.

8.3 - PIQUE J. TELMADO, M., 1982. *Working Stresses of Tropical Hardwoods in the American Group*. *Tratado PADT-REFORT*, 2.ª Edición de la Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima - Perú.

8.4 - SCALETTI R., 1987. *Influencia de defectos en la flexión - Respuesta de probetas de especies de la Subregión Andina*. PADT-REFORT para el desarrollo de Cartagena. Lima - Perú.

8.5 - ITINTEC 251.073-89 MADERAS. *Método de Determinación del Crecimiento Estático de Grupos*.

8.6 - ITINTEC 251.041 MADERAS. *Método de Determinación de la Compresión Axial y Perpendicular al Grano*.

8.7 - ITINTEC 251.042 MADERAS. *Método de Determinación de la Compresión Perpendicular al Grano*.

8.8 - ITINTEC 251.043 MADERAS. *Método de Entorno y Flexión Estática*.

8.9 - PADT-REFORT-UNAC, 1984. *Madera de Densidad para Maderas del Grupo Andino*. *Estudio y normalización dentro del Acuerdo de Cartagena*. Lima - Perú.

8.10 - BOHANNAN B., 1976. *Effect of Size on Bending Strength of Wood Members*. USDA Forest Service Research Paper FPL-75. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, U.S.A.

8.11 - MADSEN W., 1972. *Density of Log Ends for the Limits in Bending Stress*. *Scientific Research Series Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada*.

8.12 - NOACK D., 1976. *Evaluation de Propriétés de Matière Travaillée*. Trabajo presentado en la 11ª Reunión del Grupo de Trabajo "M.F.R.O." - *Reunión Trabajo*. IAS-GLEBEER, A.

8.13 - SCALETTI R., 1976. *Confianza en los Determinados e Anales de Bases de Datos para Empleo para Diseño de Vigas de Madera Natural*. *Comunicación Técnica*. PADT-REFORT-UNAC. Lima - Perú.

DEPE NORMA TECNICA NACIONAL	MADERA ASERRADA Madera aserrada para uso estructural. Método de ensayo de flexión para vigas a escala natural	ITINTEC 251.107 Octubre, 1988
1. NORMAS A CONSULTAR		
ITINTEC 251.102 MADERA ASERRADA. Defectos. Método de medición. ITINTEC 251.104 MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural. Clasificación visual y requisitos.		
2. OBJETO		
2.1 La presente norma establece el método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad, módulo de elasticidad aparente, módulo de corte y la resistencia a la flexión en vigas de madera a escala natural sometidas a flexión.		
3. CAMPO DE APLICACION		
3.1 Esta norma se aplica a secciones cuadradas y rectangulares de madera sólida.		
4. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS		
4.1 <u>Símbolos</u>		
A	Area de la sección transversal o escuadría, en milímetros cuadrados (mm <sup>2</sup> ).	
a	Distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo en la viga, en milímetros (mm).	
E	Módulo de elasticidad, en megaPascales (N/mm <sup>2</sup> ).	
F	Fuerza, en Newtons (N).	
f	Esfuerzo, en megaPascales (N/mm <sup>2</sup> ).	
G	Módulo de corte o de rigidez, en megaPascales (N/mm <sup>2</sup> ).	
h	Peralte o la mayor dimensión de la escuadría de la viga, en milímetros (mm).	
I	Momento de inercia de la sección, en milímetros a la cuarta (mm <sup>4</sup> ).	
l	Luz total, en milímetros (mm).	
l <sub>1</sub>	Luz para determinar el módulo de elasticidad, en milímetros (mm).	
Z	Módulo de sección, en milímetros cúbicos (mm <sup>3</sup> ).	
w	Deflexión o deformación en milímetros (mm).	
d	Densidad, en kilogramos por metro cúbico (kg/m <sup>3</sup> ).	
C.H.	Contenido de humedad, en porcentaje (%).	
4.2 <u>Abreviaturas</u>		
app	aparente	
R.D. Nº 1141-88-ITINTEC-DG 88-10-04		
11 páginas		

ITINTEC 251.107  
Pág 2

c compresión  
m flexión  
t tensión  
u última o máxima  
adm admisible

4.3 Prefijos

$\Delta$  incremento

5. APARATOS Y/O INSTRUMENTOS

5.1 Máquina de ensayo

- Con marco de carga que permita apoyar la viga y se flexione sin restricciones.
- El cabezal de carga debe aplicar fuerzas transversales sobre la viga evitando la concentración de esfuerzos.
- La capacidad de la máquina de ensayo debe ser mínimo de 5 000 k

5.2 Dispositivos de apoyo

5.2.1 Planchas de apoyo (Fig. 1)

Con las dimensiones siguientes:

- Espesor de 12 mm.
- Ancho igual al espesor de la viga.
- Longitud de 150 mm.

5.2.2 Rodillos de apoyo

- Sistema de rodillos que permitan la rotación de la viga, así como pequeños desplazamientos (Fig. 1).

5.2.3 Soportes o arriostres laterales (Fig. 2).

5.3 Dispositivos para la aplicación de cargas

5.3.1 Bloques de carga (Fig. 3).

Con las dimensiones siguientes:

- Radio de la curvatura 2 a 4 veces el peralte.
- Ancho igual o mayor al espesor de la viga.
- Longitud igual al peralte.

5.4 Dispositivos para medir la deflexión

5.4.1 Defomómetro o deflectómetro con una aproximación a 0,1 mm y una carrera mínima de 25 mm.

5.4.2 Regla de deformación, con una longitud de 5 veces el peralte.

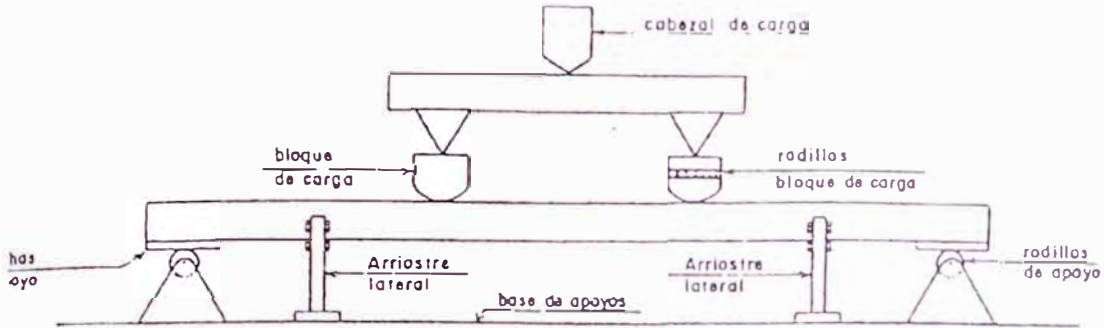


Fig. 1 ESQUEMA DE APLICACION DE CARGAS Y APOYOS

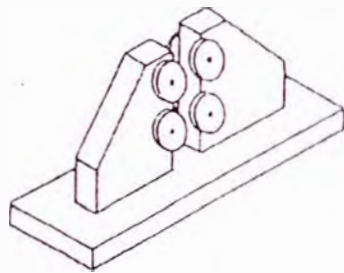


Fig 2 ACCESORIO PARA ARRIOSTRE LATERAL

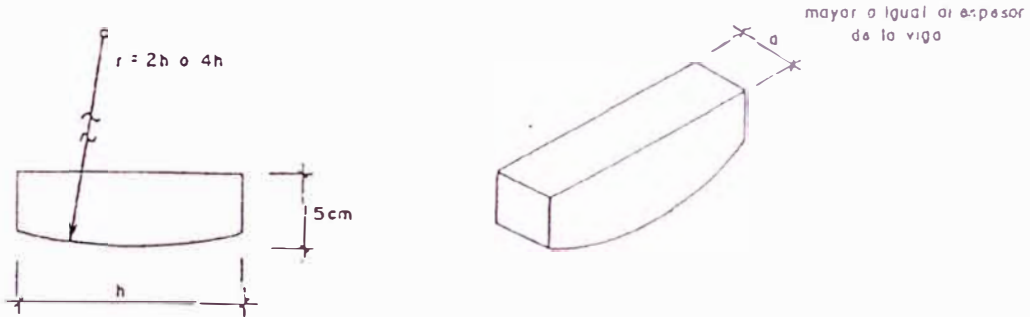


Fig 3 BLOQUES DE APLICACION DE CARGA

ITINTEC 251.107  
Pág. 4

## 6. PREPARACION Y CONSERVACION DE LAS MUESTRAS

### 6.1 Acondicionamiento

6.1.1 Las vigas se acondicionan antes del cepillado a la dimensión final en un ambiente con una humedad relativa de  $60\% \pm 2\%$  y una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta obtener peso constante.

6.1.2 En caso de no acondicionar las vigas, se indica el contenido de humedad de las muestras en el momento del ensayo.

6.1.3 Las muestras que se ensayen para determinar los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad mínimo y promedio, se acondicionan a un contenido de humedad mayor o igual al 30%.

### 6.2 Dimensiones

#### 6.2.1 Módulo de elasticidad

Las vigas para ensayo tendrán una longitud mínima de 19 veces el peralte de la sección.

#### 6.2.2 Módulo de corte - Método de luz simple

Las vigas para ensayo tendrán una longitud mínima de 19 veces el peralte de la sección.

#### 6.2.3 Resistencia a la flexión

Las vigas para ensayo tendrán una longitud mínima de 19 veces el peralte de la sección.

### 6.3 Medición

6.3.1 El espesor, ancho y longitud se miden en milímetros.

6.3.2 Las dimensiones de la escuadría se toman como el promedio de las dos medidas tomadas en los puntos medios entre el centro de la luz y las secciones de apoyo.

6.3.3 Las mediciones de las vigas se realizan previamente al ensayo.

### 6.4 Descripción de la muestra

6.4.1 Se describen los defectos presentes en la viga de preferencia en forma gráfica (Ver anexo A).

6.4.2 Se miden los defectos según el método de ensayo de la norma ITINTEC 251.102.

### 6.5 Clasificación visual por defectos

Las muestras que se ensayen para determinar los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad mínimo y promedio, deben cumplir con la clasificación visual por defectos establecida en la norma ITINTEC 251.104.

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad de las muestras se mide en la zona central con un detector de pines aislados.

### 7.2 Módulo de elasticidad

7.2.1 Se coloca la viga sobre los rodillos y planchas de apoyo, la distancia entre estos debe ser 18 veces el peralte (Fig. 4).

7.2.2 Se colocan los bloques de carga en dos puntos que correspondan a los tercios de la luz.

7.2.3 En caso de ser necesario se colocan los soportes o arriostres laterales para evitar esfuerzos de torsión.

7.2.4 Se aplica la carga a velocidad constante, evitando efectos de impacto, se tendrá cuidado que la carga máxima aplicada no exceda al límite proporcional o cause daño a la muestra aplicándose hasta un desplazamiento del cabezal de  $90 \times 10^{-3} h$  mm.

7.2.5 La velocidad de carga no debe ser mayor que  $2 \times 10^{-3} h$  mm/s donde  $h$  es el peralte de la viga, en milímetros.

7.2.6 Para determinar el módulo de elasticidad, la pendiente de la curva carga-deformación se mide sobre un desplazamiento del cabezal de  $60 \times 10^{-3} h$  mm de iniciada la aplicación de la carga.

7.2.7 La deformación se mide en el centro de la viga, es preferible que el deformómetro se extienda en vez de comprimirse, al cargar la viga.

7.2.8 Las lecturas de carga-deformación se hacen a intervalos regulares.

7.2.9 En la etapa inicial del ensayo, las deformaciones se miden con una aproximación de  $\pm 0,1$  mm para deflexiones mayores a 20 mm con una aproximación de  $\pm 0,25$  mm.

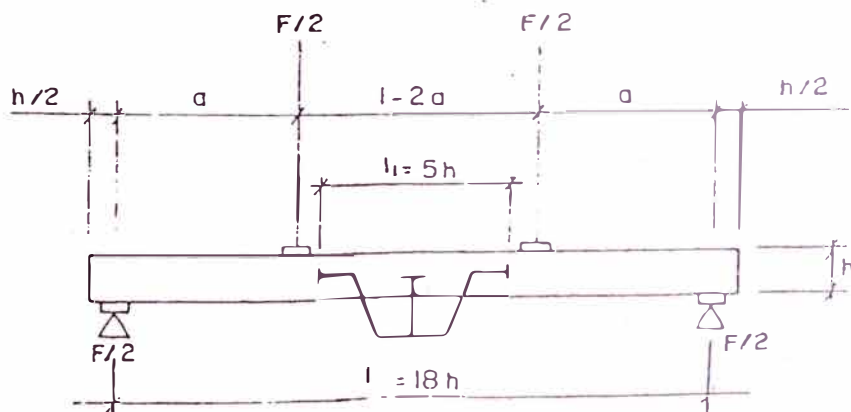


FIG 4 ENSAYO PARA DETERMINAR EL MODULO DE ELASTICIDAD Y EL

ITINTEC 251.107  
Pág. 6

### 7.3 Módulo de corte o de rigidez - Método de luz simple

#### 7.3.1 Módulo de elasticidad

7.3.1.1 El procedimiento se lleva a cabo según lo establecido en 7.2.

#### 7.3.2 Módulo de elasticidad aparente

7.3.2.1 Se coloca la viga sobre los rodillos y planchas de apoyo, la distancia entre éstos debe ser 5 veces el peralte (Fig. 5).

7.3.2.2 El bloque de carga se coloca en el centro de la luz de la viga.

7.3.2.3 En caso de ser necesario se colocan los arriostres laterales para evitar esfuerzos de torsión.

7.3.2.4 Se aplica la carga a velocidad constante, evitando efectos de impacto, esta no debe exceder a la del límite proporcional aplicándose hasta un desplazamiento del cabezal de  $120 \times 10^{-3} h$  mm.

7.3.2.5 La velocidad de carga no debe ser mayor que  $2 \times 10^{-4} h$  mm/s donde  $h$  es el peralte de la viga, en milímetros.

7.3.2.6 La deformación se mide en el centro de la viga, es preferible que el deformómetro se extienda en vez de comprimirse.

7.3.2.7 La carga se mide con una aproximación del 1% de la carga aplicada o para cargas menores que el 10% de la carga máxima se mide con una aproximación del 0,1%.

7.3.2.8 En el registro carga/deformación, las deformaciones se miden con una aproximación del 1% o para deformaciones menores que 2 mm con una aproximación de 0,02 mm.

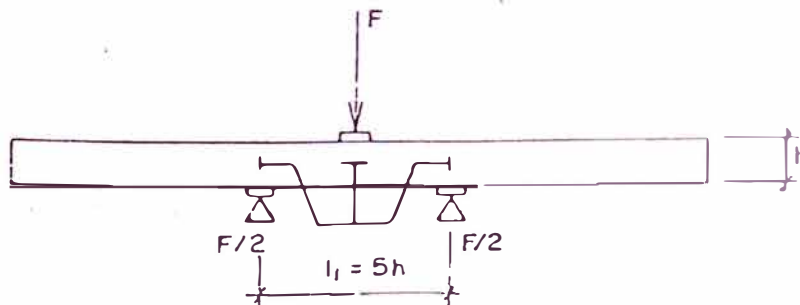


FIG. 5 ENSAYO PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD APARENTE.



ITINTEC 251.107  
Pág. 7

#### 7.4 Resistencia a la flexión

- 7.4.1 Se sigue el procedimiento establecido para el módulo de elasticidad (7.2).
- 7.4.2 La velocidad de carga se ajusta de tal forma que se llegue a la carga máxima en  $480 \text{ s} \pm 120 \text{ s}$ .
- 7.4.3 Se describen las fallas en detalle de preferencia en forma gráfica.

### 8. EXPRESION DE RESULTADOS

#### 8.1 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad en flexión estática se calcula de la forma siguiente:

$$E_m = \frac{a l_1^2 \Delta F}{16 I \Delta w}$$

donde:

- a distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo en la viga, en milímetros.
- $l_1$  luz para determinar el módulo de elasticidad, en milímetros.
- $\Delta F$  incremento de carga por debajo del límite proporcional, en Newtons.
- I momento de inercia de la sección, determinado de su dimensión actual, en milímetros a la cuarta potencia.
- $\Delta w$  deformación bajo incremento de carga, en milímetros.
- $E_m$  módulo de elasticidad, en megapascuales.

#### 8.2 Módulo de corte o de rigidez - Método de luz simple

##### 8.2.1 Módulo de elasticidad

Se calcula como se establece en 8.1

##### 8.2.2 Módulo de elasticidad aparente

El módulo de elasticidad aparente en flexión estática se calcula de la forma siguiente:

$$E_{m,app} = \frac{l_1^3 \Delta F}{48 I \Delta w}$$

donde:

- $l_1$  luz para determinar el módulo de elasticidad, en milímetros
- $\Delta F$  incremento de carga por debajo del límite proporcional, en Newtons.
- I momento de inercia de la sección, determinado de su dimensión actual, en milímetros a la cuarta potencia.
- $\Delta w$  deformación bajo el incremento de carga, en milímetros.

### 8.2.3 Módulo de corte

El módulo de corte se calcula de la forma siguiente:

$$G = \frac{1,2 h^2}{l_1^2 \left( \frac{1}{E_{m,app}} - \frac{1}{E_m} \right)}$$

donde:

h peralte de la sección, en milímetros.

l<sub>1</sub> luz para determinar el módulo de elasticidad aparente, en milímetros.

E<sub>m,app</sub> módulo de elasticidad aparente, en megaPascales.

E<sub>m</sub> módulo de elasticidad para la misma muestra, en megaPascales.

### 8.3 Resistencia a la flexión

El esfuerzo máximo a la flexión se calcula de la forma siguiente:

$$f_{m,u} = \frac{a F_u}{2Z}$$

donde:

a distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo de la viga, en milímetros.

F<sub>u</sub> carga máxima, en Newtons.

Z módulo de la sección, determinado de las dimensiones actuales, en milímetros cúbicos.

### 8.4 Esfuerzo admisible y módulos de elasticidad

8.4.1 Para la determinación del esfuerzo admisible y los módulos de elasticidad mínimo promedio, los valores a considerar se obtendrán solamente de muestras que cumplan con lo establecido en el numeral 6.5.

#### 8.4.2 Esfuerzo admisible

El esfuerzo admisible en flexión (f<sub>adm,m</sub>) se calcula de la forma siguiente:

$$f_{adm,m} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times f_{básico,m}$$

$$FT = \left( \frac{h}{290} \right)^{1/9}$$

ITINITEC 251.107  
Pág. 9

donde:

FC coeficiente de reducción por calidad.

FT coeficiente de reducción por tamaño.

FS coeficiente de servicio o seguridad, igual a 2,0.

FDC coeficiente de duración de carga, igual a 1,15.

$f_{básico,m}$  esfuerzo básico en flexión, en megaPascuales (N/mm<sup>2</sup>).

h peralte de la viga, en milímetros.

NOTA.- Los valores de FS y FDS corresponden a la Norma Técnica de Edificación ININVI E 102.

#### 8.4.3 Esfuerzo básico

Los esfuerzos máximos ( $f_{m,u}$ ) obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para una misma especie se ordenan de menor a mayor, se numeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5% (5º percentil).

#### 8.4.4 Módulo de elasticidad mínimo

Los módulos de elasticidad obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para una misma especie se ordenan de menor a mayor, se numeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5% (5º percentil).

#### 8.4.5 Módulo de elasticidad promedio

Se promedian los módulos de elasticidad obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para una misma especie. Este valor se considera como el módulo de elasticidad promedio.

### 9. INFORME DEL ENSAYO

9.1 En el informe se debe indicar:

9.1.1 Especie.

9.1.2 Dimensiones nominales.

9.1.3 Método de muestreo.

9.1.4 Grado de calidad.

9.1.5 Método y forma de acondicionamiento.

9.1.6 Método de ensayo.

9.1.7 Condiciones de temperatura y humedad relativa en el momento del ensayo.

9.1.8 Equipo usado.

9.1.9 Contenido de humedad de la muestra en el momento del ensayo.