PROLOGO

Considerando que el objetivo de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural, es la de formar profesionistas capaces de resolver problemas estructurales de alto grado de dificultad relacionados con el análisis y diseño de estructuras, formar investigadores que generen nuevos conocimientos y preparar docentes en el área capaces de continuar formando nuevos profesionistas, se selecciono el área de docencia para la presente investigación.

El interés para abordar este tema me fue dado, gracias a la experiencia que he tenido como docente, considerando que actualmente la Universidad Autónoma de Nuevo León está demandando, profesores con alto grado de interés y preparación en su especialidad; pensando, sobre todo, en la escasez que hay de investigaciones en el área de pedagogía, aplicada a la Ingeniería Estructural.

El alumno no puede adquirir conocimiento solamente por la transmisión oral, sino que los tiene que construir él mismo por medio del proceso de asimilación - desequilibrio - acomodo - equilibrio. Para que se dé este proceso, es necesario que el alumno enfrente un problema que provoque un desequilibrio en sus estructuras mentales. Este problema en algunos temas del área de Estructuras, suele proponerse de manera oral o escrita, y se espera que el alumno capte y analice los datos y elabore una respuesta; sin embargo, muchos conceptos quedan difusos y, por lo tanto, mal concebidos provocando en ellos un equilibrio erróneo.

Si bien en muchos temas este procedimiento es adecuado, puesto que los alumnos de ciertos niveles se encuentran ya capacitados para el pensamiento abstracto, hay ocasiones en que los problemas deben ser enfrentados desde otra perspectiva, esto es, desde un punto de vista objetivo y práctico. Acrecentar la objetividad en las estrategias y en los auxiliares de aprendizaje, es el objetivo general de este estudio.

I. INTRODUCCION

La elaboración de una tesis de grado supone una investigación realizada teniendo al método científico como guía, a fin de obtener un conocimiento objetivo, es decir, verdadero, sobre determinados aspectos de la realidad, que servirán para normar la práctica común humana.

La presente investigación está situada en un momento histórico de la Educación, que no es definitivo ni absoluto, sino que es solamente un momento en el desarrollo de la realidad. "El investigador propone y la realidad dispone".

I.1. Premisas fundamentales:

a) Todos los fenómenos que constituyen la realidad social están relacionados entre sí, en dependencia mutua.
b) La realidad no es estática, sino que se encuentra en permanente movimiento y transformación.
c) La movilidad del desarrollo de la realidad se debe a que en ella existen polos antagónicos que se encuentran en unidad relativa, pero en lucha u oposición permanente.
d) La estructura social está constituida por elementos y procesos que tienen diferentes jerarquías y diferentes influencias durante el surgimiento, desarrollo y transformación de los acontecimientos sociales.

e) La realidad se presenta en diferentes niveles; por lo menos distinguiremos dos: el externo, objetivo, concreto, que capta la experiencia sensible y el otro, el abstracto, el de las esencias y las relaciones internas, en donde se suelen establecer leyes y teorías para explicar los fenómenos de esta realidad.

f) La práctica social, concreta es la base de todo conocimiento, es criterio de verdad de toda teoría y es la única forma de transformar el mundo, para bien o para mal, particular o colectivo.

I.2. El tema a investigar.

En este final de siglo, dan cuenta diversos informes internacionales (Informe del Club de Roma 1979, citado por Sánchez Iniesta 1995) de la importancia del aprendizaje como factor decisivo para orientar la actividad humana, mientras no cesa el avance vertiginoso de la ciencia y la tecnología. La disyuntiva es suficiente clara: o nuestros alumnos aprueban los cursos mediante un aprendizaje "pegado con alfileres", si no es que reprueban y se alejan de la Universidad; o aprenden a elaborar soluciones autónomas, de manera creativa, para enfrentar los nuevos y sucesivos problemas que les irá planteando un futuro que para los maestros ya llegó y para el que no, existen respuestas gastadas y rutinarias qué proponerles.

El problema que trata de resolver esta investigación está relacionado con algunas manifestaciones que se observan a través del ejercicio dentro de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L..

Para la idiosincrasia del estudiante de la carrera Ingeniero Civil, es vital que éste sea hábil en el diseño de estructuras, de cualquier tipo y material y para múltiples especificaciones, situaciones y contingencias. Desafortunadamente, en los diversos cursos de estructuras (básicos y aplicados) los alumnos suelen tener problemas de aprendizaje.

Mi experiencia de más de 25 años en la enseñanza de las Estructuras en esta Facultad, me animó para realizar esta investigación, cuyo planteamiento y diseño metodológico me propongo presentar como tesis para optar al grado de maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural en la División de Estudios de Postgrado de esta Facultad.

El problema consiste en cómo lograr que los alumnos que cursan las materias del área de Ingeniería Estructural, logren más y mejor aprendizaje de conceptos para diseñar estructuras ingenieriles en forma concreta, adecuada y económica.

I.3. Antecedentes.

La enseñanza formal más antigua de que se tiene memoria se impartió en la Academia de Platón y en el Liceo de Aristóteles, en la antigüedad *clásica y griega*. Era filosófica; se educaba mediante las ideas innatas y a través del dominio del aprendizaje memorista.

En la esfera del Cristianismo medieval apareció la Universidad como institución educativa superior y el primer teórico de la Pedagogía: Juan Luis Vives (1492-1540). Seguía imperando el memorismo, pero se daba ya importancia a la motivación, a la ejercitación de las destrezas y a la evaluación.

Antes de la ilustración, en el siglo XVII, John Lock (1632-1704) impone la perspectiva empirista. Aparece la teoría de las facultades humanas, se creía que educar consistía en obligar a almacenar ideas. De las ideas filosóficas pasaban a ideas anatómicas. La frenología asignaba zonas a las habilidades.

En los siglos XVIII y XIX, las figuras de dos grandes pedagogos iluminan la escena didáctica: Juan Enrique Pestalozzi (1746-1827) y John F. Herbart (1776-1841). El primero enseña que educar es hacer resaltar las características esenciales del individuo que madura; el segundo instituyó cinco elementos escolares famosos de la enseñanza: preparación, presentación, asociación, generalización y aplicación.

En la primera mitad del Siglo XIX comienza la psicología a independizarse de la filosofía, aún se consideraba al humano como una dualidad de mente y cuerpo. La psicología experimental se inició dentro de la filosofía experimental. Hay trabajos científicos sobre la participación del sistema nervioso en las perspectivas visuales y auditivas.

En 1879, Wilhelm Wundt (1832-1920) construye el primer laboratorio psicológico. Termina el siglo XIX en Europa con la intervención de los "psicólogos fisiológicos", que construyen la ciencia psicológica enfocando los procesos corporales con el método introspectivo primero, y después cambiando el enfoque hacia las formas observables de la conducta.

El final de siglo, en América, se iluminó con la figura del gran filósofo y pedagogo norteamericano, John Dewey (1859-1952) cuyas enseñanzas perduraron hasta pasada la segunda guerra mundial. Representó al funcionalismo de la escuela de Chicago, preocupado por los "reflejos", las teorías del conexionismo y el conductismo.

Otro filósofo pragmático, William James (1842-1910) estudió a la educación como formadora de hábitos, a las emociones como resultado de cambios hormonales y corporales.

En los Estados Unidos, durante la época entre las dos grandes guerras (1920-1930), hizo furor el contexionismo con su ley del ejercicio, la ley del efecto y la disponibilidad. El aprendizaje era para ellos sólo un conjunto de asociaciones entre estímulos y respuestas.

John B. Watson (1848-1958) fue el gigante del "conductismo", al tratar de crear una psicología objetiva, con resabios de positivismo, de evolucionismo de C. Darwin (1809-1882), ve la fisiología de C. Morgan (1852-1936) y del condicionamiento clásico de Pavlov (1849-1936).

A partir del conductismo metodológico de B. F. Skinner (1904) profesor de psicología en Harvard desde 1948, la teoría pedagógica depende de la psicología y a mediados de siglo el paradigma de esta ciencia era el conductismo, con el condicionamiento aperante, los refuerzos y el hombre dependiente de los estímulos o de los cambios ambientales.

En la década de los 60's apareció un nuevo paradigma en la psicología, el "cognoscitivismo", en el que el conocimiento se organiza construyendo esquemas

mentales. Se considera el almacenamiento y procesamiento de la información como un proceso similar al de las computadoras. Se consideran ocho tipos de aprendizaje: de señales, de encadenamiento, el verbal, el de conceptos, el de normas y el de solución de problemas, entre otros.

Por estar aún vigentes estas teorías del aprendizaje, se hablará posteriormente de ellas con mayor detalles al hablar de las teorías del aprendizaje y de los estilos de aprendizaje.

En cuanto a la enseñanza de la ingeniería, ésta fue particular y de padres a hijos en la antigüedad. Se utilizaron conocimientos prácticos basados en la experiencia, en el sentido común, en la experimentación directa y en la inventiva.

Durante el Renacimiento subió el nivel de elaboración y ya se sabe que ingenieros geniales como Leonardo da Vinci tenían en su taller varios aprendices de enseñanza no sistemática. Todavía en el siglo XVIII los que elaboraban máquinas y estructuras se apoyaban en una tradición de experimentos. Se sabe que la evolución de la máquina de vapor, en 1769, por James Watt era una edición mejorada de máquinas de una serie iniciada un siglo antes.

Hasta los últimos años del siglo XIX se comenzaron a aplicar grandes cantidades de conocimientos científicos en la resolución de problemas de ingeniería. El ingeniero clásico, educado sin asistir a una escuela profesional era un curioso experto práctico en la creación de dispositivos, estructuras, máquinas y otros artefactos complejos. Al constituirse varias ciencias en la segunda mitad del siglo XIX, se trató de resolver los problemas recurriendo cada vez más a la ciencia. Los inventos detonadores de la ingeniería fueron: el de la pólvora, el de las máquinas de vapor, los de diferentes formas de comunicación y transporte: el ferrocarril, el automóvil y las aeronaves,

que requirieron vías y puertos, el telégrafo, el teléfono, la radiotelegrafía, además de la Revolución industrial, que agravó las necesidades de las grandes concentraciones humanas en las ciudades, necesidades de carácter hidráulico, de tránsito y de grandes edificios. En lo que respecta a las estructuras, las más antiguas de que se tiene noticia se hicieron de madera; después entró en uso la estructuración de elementos de hierro. En el siglo XX se combinó el hierro con el cemento para crear estructuras de hormigón armado. Aún está en pañales el uso generalizado de estructuras de plástico, de vidrio o de polímeros, en la estructuración de grandes edificaciones.

I.4. Justificación de este estudio.

La investigación de una óptima modalidad para la enseñanza-aprendizaje del diseño de alguna estructura ingenieril se hará sólo desde el punto de vista académico-educativo. Esta mejora es socialmente importante porque este mejor aprendizaje beneficiaría a cientos de estudiantes que se evitarán problemas de reprobación y ampliarán sus posibilidades de ingresos económicos; beneficiaría a los maestros de esos estudiantes, que habrían obtenido un éxito en su actividad profesional; beneficiaría a las autoridades universitarias, que también se sentirán realizadas si su institución está creciendo en eficiencia y eficacia; beneficiaría a los clientes y usuarios de la ingeniería, cuyos encargos constructivos mejorarán o por lo menos se verían libres de posibles errores y siniestros edificatorios; beneficiaría, por último, a la patria y a toda la sociedad, como sucede cuando se logra realizar cualquier actividad profesional con algún éxito.

He aplicado una serie de encuestas a los alumnos de la carrera de Ingeniero Civil, de niveles superiores para evaluar la permanencia del conocimiento y/o la existencia de una preconcepción mal fundamentada en el tema de armaduras.

De los resultados de las encuestas se obtuvo lo siguiente: el 41% no sabe lo que es una armadura, el 50% de ellos no sabe cuándo debe usar una armadura y cuándo una viga comercial, el 67% no asimiló cuáles son las hipótesis que se aplican en el estudio de armaduras, de modo que les permitan obtener soluciones prácticas, el 33% desconoce cuál es la razón de que exista una gran diversidad de tipos de armaduras y el 50% no sabe si al resolver una armadura, en un elemento, su carga interna es cero, si se puede quitar ese elemento sin afectar la armadura.

El tema de armaduras sin lugar a dudas es fundamental para concebir las estructuras, en general, es por ello que se otorga especial importancia, procurando que dicho tema quede bien conceputalizado, a través de la aplicación de *modelos físicos experimentales* que le permitan al alumno incrementar la asimilación y por ende mejorar su aprendizaje.

La investigación del problema pedagógico a resolver contribuye a una mejor comprensión de los educandos, de los procesos de enseñanza-aprendizaje y de las condiciones en que esos procesos se llevan a cabo con mayor eficacia.

Se trata de mejorar el proceso de enseñanza al diseñar algunas estructuras de ingeniería, enfocando la atención en el empleo de modelos físico, tridimensionales; para luego tratar de generalizar los efectos de emplear en la enseñanza esa clase de auxiliares didácticos.

Si se llegase a comprobar plenamente que en general, el empleo de modelos tridimensionales mejora el aprendizaje del diseño de tales estructuras, se habrá conseguido un importante avance en los procedimientos educativos y esa trascendencia alcanzada justificaría plenamente este estudio.

I.5. Algunos supuestos iniciales.

Suponemos que aún es la enseñanza escolarizada la mejor opción didáctica socialmente posible en nuestra comunidad.

Suponemos que distintos factores de orden económico impiden el uso común de recursos de alta sofisticación en la enseñanza universitaria pública.

Suponemos que la Universidad Autónoma de Nuevo León, de la cual forma parte la Facultad de Ingeniería Civil, tiene en su funcionamiento, como principales objetivos: impartir la enseñanza, fomentar la investigación, conservar y extender la cultura . . . todo para servir a la comunidad.

Respecto a la conducta de maestros y alumnos, suponemos:

1.- Que la actividad laboral de los maestros está destinada a guiar o dirigir el aprendizaje de los alumnos y éstos desean aprender.

2.- Que la conducta de maestros y alumnos es función tanto de factores situacionales como de características propias personales.

3. Que la conducta de todos los miembros de la comunidad universitaria posee un grado aceptable de coherencia lógica y psicológica.

4. Que tanto los maestros como los alumnos reaccionan de manera característica, considerada normal, ante diferentes estímulos: económicos, premios, castigos, información, etc.
5. Que las reacciones de maestros y alumnos son siempre probables; pero nunca ciertas.
6. Que la conducta de maestros y alumnos es función de las características personales de los mismos.
7. Que la conducta de maestros y alumnos también es función de las características generales de la situación en que se produce.
8. Que también la conducta de maestros y alumnos es función de la situación específica en que se presenta.
9. Que la conducta de maestros y alumnos será considerada en tanto observable.
10. Que se puede distinguir, tanto en los maestros como en los alumnos, formas de conducta distintas entre sí.
11. Que las conductas de los maestros y de los alumnos son clasificables, desde los puntos de vista cualitativo y cuantitativo.
12. Que las conductas de maestros y alumnos pueden observarse a través del comportamiento abierto y también por medio de síntomas o correlatos de conducta.
13. Que el comportamiento de maestros y alumnos en el aula se polariza hacia la enseñanza y el aprendizaje (ambos en ambos casos).
14. Que mediante la evaluación de observaciones efectuadas por personal capacitado, es posible obtener estimaciones confiables de los resultados de ciertos comportamientos.
15. Que maestros y alumnos poseen diferentes características, en forma personal referidos a: actitudes sociales, habilidades intelectuales, capacidad verbal, emotividad, liderazgo, etc.
16. Que ciertas características de los maestros y de los alumnos varían con la edad de los mismos y en función del desarrollo y la madurez personal
17. Etcétera.

1.6. Estudios similares.

Después de revisar la bibliografía disponible para esta investigación, no se encontró referencia de alguna investigación similar, sobre todo en el nivel universitario. En algunos manuales de técnica para la investigación educacional (Van Dalen 1994) se habla de investigaciones sobre la efectividad de algunos auxiliares audiovisuales, en grupos de alumnos de enseñanza elemental, en los Estados Unidos de América.

1.7. Limitaciones y restricciones.

De Lugar ._ sólo se estudiará el empleo de modelos en la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.

De Tiempo ._ en los tres últimos años del siglo XX.

De Tema ._ sobre la enseñanza-aprendizaje del buen diseño de estructuras para especificar.

Del Objeto de Experimentación ._ sólo el empleo de modelos físicos tridimensionales para la enseñanza del diseño de estructuras.

Unidades de observación ._ sólo alumnos en cursos del área de Ingeniería Estructural.

Una restricción muy importante a consignar es la falta de tiempo para realizar otros experimentos en los grupos inscritos.

Espero que con el diseño de los experimentos sea suficiente para que otros compañeros Maestros continúen con el mejoramiento de esta propuesta académica.

II. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

II.1. Hipótesis.

El uso de modelos físicos estructurales permitirá mejorar el desarrollo de habilidades de compresión en los alumnos del área de Ingeniería Estructural y facilitará el proceso enseñanza-aprendizaje.

II.2. Objetivo general.

Desarrollar en los alumnos habilidades de comprensión y vinculación del análisis numérico con el comportamiento real, y la contextualización a través de modelos físicos.

II.3. Objetivos específicos.

- Identificar los factores que condicionan el aprendizaje del diseño de estructuras.
- Jerarquizar los factores que condicionan ese aprendizaje.
- Proporcionar elementos de juicio para fundamentar el uso de modelos físicos-tridimensionales en la enseñanza-aprendizaje del diseño de estructuras.
- Establecer un punto de referencia para evaluar la efectividad de determinados auxiliares didácticos.
- Comprobar las hipótesis formuladas.
- Cimentar otras investigaciones posteriores y sucesivas.
- Ofrecer información que facilite otras investigaciones educativas.
- Etcétera.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Toda investigación incluye la observación, la descripción y el análisis de lo que ocurre en circunstancias que calificaremos como "normales" y que causan el problema que se desea resolver, en este caso, un aprendizaje débil e incompleto de los conceptos y habilidades necesarios para diseñar "bien" estructuras para edificar; pero también la observación, la descripción y el análisis de lo que ocurriría si se efectuara un cambio controlado sobre alguno(s) de los elementos que interactúan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las guías y los manuales para la investigación recomiendan plantear el problema a través de algunas preguntas que se irán contestando durante y mediante la forma como se efectúa la investigación. A continuación aparecen aquellas preguntas que nos parecieron de mayor pertinencia para el caso:

- ¿Cómo contribuye esta investigación a mejorar la compresión de los educandos y de los maestros, de los procesos de enseñanza-aprendizaje y de las condiciones en que esos procesos aumenten su eficacia?.
- ¿Qué elementos intervienen en la enseñanza-aprendizaje escolarizada del diseño de estructuras de ingeniería?.
- ¿Qué variables serán tomadas en cuenta en esta investigación?.
- ¿Cuál serán las hipótesis?.
- ¿Qué métodos, estrategias y procedimientos se utilizarán?.
- ¿Qué hay que hacer y en qué orden?.
- ¿Qué datos se emplearán?.
- ¿Mejora en verdad el aprendizaje del diseño de estructuras el empleo de modelos físicos-tridimensionales en su aprendizaje?.
- ¿En qué forma se comprobará esto?.

- ¿Qué indicadores se considerarán como válidos para aceptar que se mejoró el aprendizaje? ¿Cómo se cuantificará ese incremento, si es que lo hubo?.
- ¿En qué forma se evaluará el aprendizaje?.
- ¿Si resulta que sí se mejora el aprendizaje utilizando en la enseñanza modelos tridimensionales, cómo afectará esta la subsecuente práctica docente en la Facultad de Ingeniería Civil?.
- ¿Si se comprueba esa mejora en el aprendizaje, en esas circunstancias, cómo afectar a ese descubrimiento a la teoría didáctica?.

IV. EL MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

La investigación de esta tesis se refiere directamente a cómo mejorar un aprendizaje. Por esto se referirán algunas teorías acerca del mismo.

"Se puede definir el aprendizaje como el proceso mediante el cual una persona adquiere destrezas y habilidades prácticas (motoras e intelectuales), incorpora contenidos informativos o adopta nuevas estrategias de conocimiento y/o acción*(1)*.

Se pueden clasificar en dos tipos los factores que influyen en el aprendizaje: el primero, la planificación de la enseñanza por parte del maestro y los que atañen al alumno: la atención, la representación, el reconocimiento de patrones, la memoria, el procesamiento de información y la percepción.

La ***percepción*** es el punto de partida del aprendizaje, la calidad de ésta influirá en todos los procesos posteriores.

La ***atención*** es un proceso de fijación que lleva implícita la habilidad de elaborar un análisis selectivo de "inputs" a procesar, para almacenar y recuperar información que es el papel de la memoria.

Para explicar cómo sucede el reconocimiento de patrones se han elaborado dos modelos. El primero: "Bottom up", en el que se identifica un objeto según sus características y el segundo: "Top-down" explica cómo el sistema perceptual parte de un esquema conceptual organizacional, en el que se incluirían los datos sensoriales. Si uno no funciona, se prueba otro esquema distinto.

(1) Garza Rosa Mª y Susana Leventhal Aprender cómo aprender pág. 14.

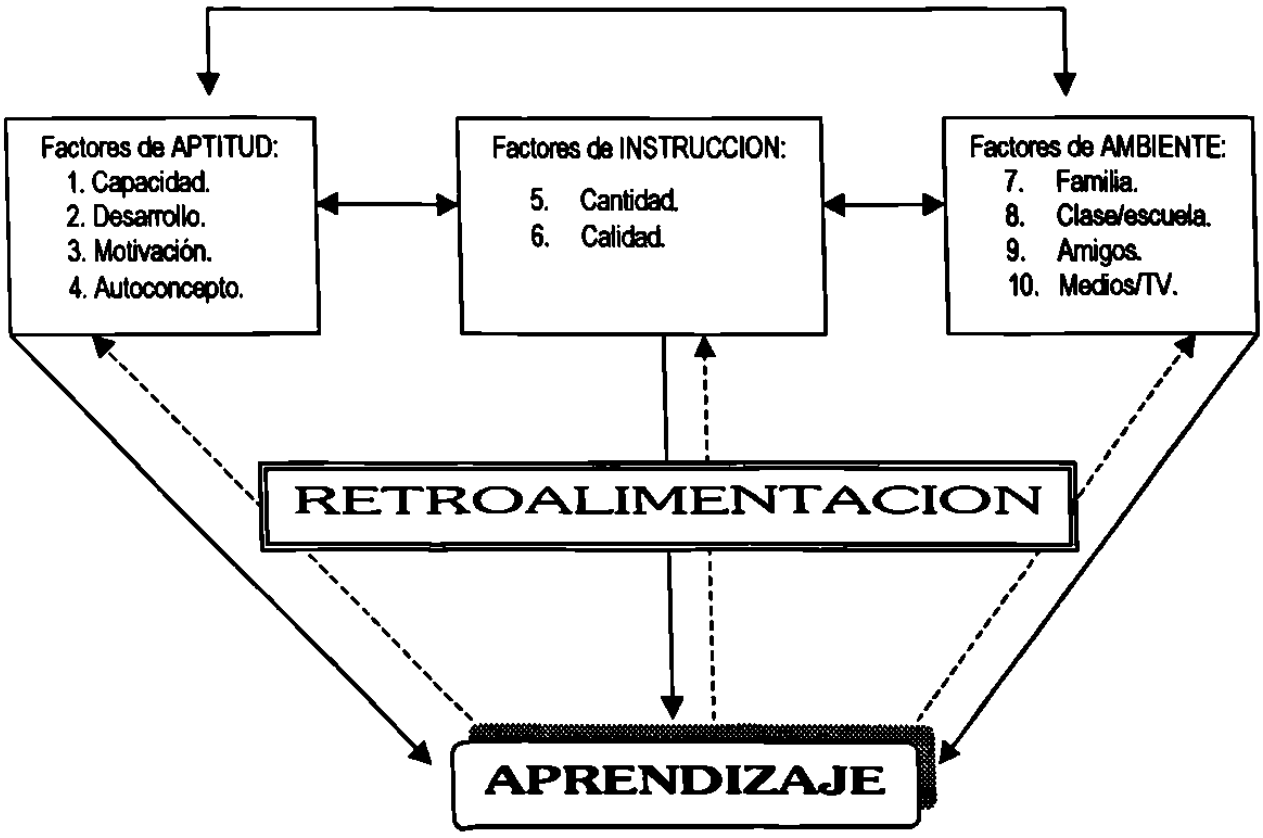
IV.1. Las teorías mas destacadas, sobre el aprendizaje, en el paradigma cognoscitivista

a) Aprendizaje por asociación.

Control adaptativo del pensamiento.

Se basa en comparar la mente humana con la computadora. La percepción es una copia de la realidad. El sujeto organiza los contenidos en cadenas o redes de significación. Luego, el contenido semántico se transforma en procedimiento. La práctica lleva a la automatización. Finalmente, el sujeto aprende a generalizar (cuándo sí se aplica algo) y a discriminar (cuándo no se aplica).

Figura 4.1. Modelo de Walbert con las interacciones producidas entre los diez factores causantes del aprendizaje escolar. Citado por Fernández Pérez Miguel 1994 pág. 199.



b) Teorías de los esquemas.

Sostiene que el conocimiento se adquiere gracias a que se presenta a través de esquemas. Un "esquema" sería una "estructura de datos" útil para representar conceptos genéricos almacenados en la memoria (David Rumelhart, 1984).

También compara el funcionamiento mental con el de la computadora. Los esquemas no son definiciones, sino relación jerárquica entre conceptos, según la menor o mayor generalidad de éstos.

Supone un tipo de razonamiento inductivo en el que establecen analogías para memorizar, es asociacionista, copia la realidad con un mínimo de construcción mental, usando esquemas o redes semánticas.

c) El aprendizaje por reestructuración de Jean Piaget.

El aprendizaje se logra mediante la construcción del conocimiento. El conocimiento descansa en estructuras de equilibración, a partir de un "conflicto cognitivo". Se distinguen tres fases en el proceso de aprendizaje:

Primera: ***Asimilación***. Les da un sentido a los datos percibidos, según los conocimiento que posea el sujeto.

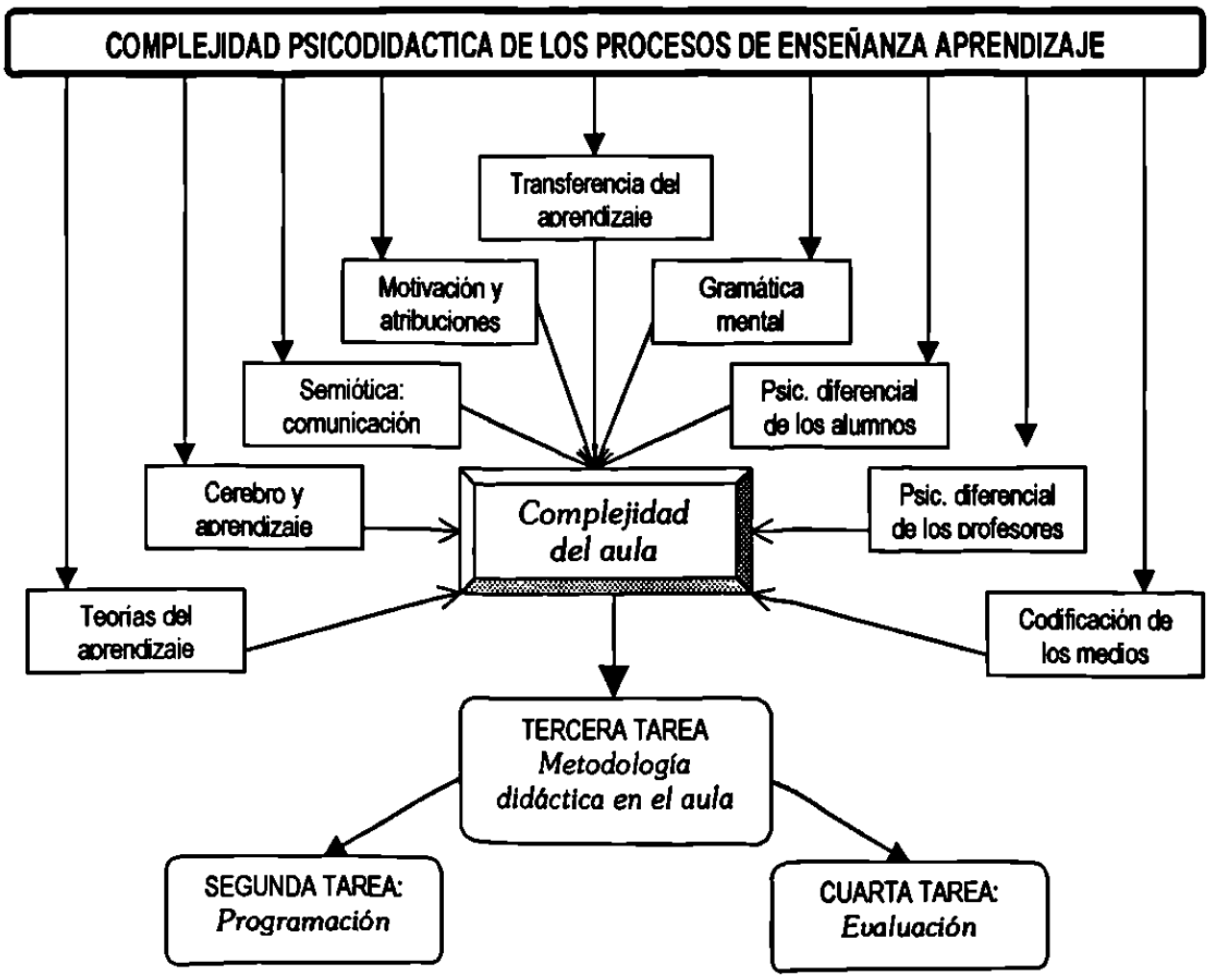
Segunda: ***Acomodación***. Se reestructuran los esquemas mentales, por la información nueva recibida.

Tercera: ***Equilibrio***. Balance nuevo, dado que los datos y las estructuras mentales se corresponden.

d) Aprendizaje por descubrimiento, según Bruner.

Según Bruner, el proceso de aprendizaje se funda en el razonamiento inductivo. El estudiante o participa activamente o no aprende. El maestro debe organizar estructuras instruccionales, que los alumnos deben ir "descubriendo", después de formular ciertas hipótesis y establecer posibles relaciones. Al final, se espera que el alumno generalice.

Figura 4.2 Red semántica (mapa conceptual) de las relaciones retrospectivas (prerrequisitos del aprendizaje/estudio) y de las prospectivas (futura aplicación/utilidad).
Fuente: Fernández Pérez Miguel, Tareas de la profesión docente, pág. 349.



e) La teoría de Vygotsky.

El aprendizaje sigue un camino deductivo-inductivo de reestructuración. El sujeto recibe los "inputs", los organiza, los transforma imprimiéndoles un significado y una interpretación. El aprendizaje no se da si no intervienen elementos mediadores que pueden ser "signos", como las palabras, básicamente. El aprendizaje sería un proceso de internalización: primero se recibe un cúmulo de estímulos no organizados; luego hay una identificación de los datos y una identificación superficial (se forman seudo-conceptos). Posteriormente se forman en la mente los conceptos de lo percibido.

f) Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel.

Se utiliza un razonamiento deductivo. El aprendizaje es significativo en la medida que se genera un ambiente aunque sea parcialmente conocido y en condiciones que permitan su contextualización. Se contrapone el aprendizaje memorista.

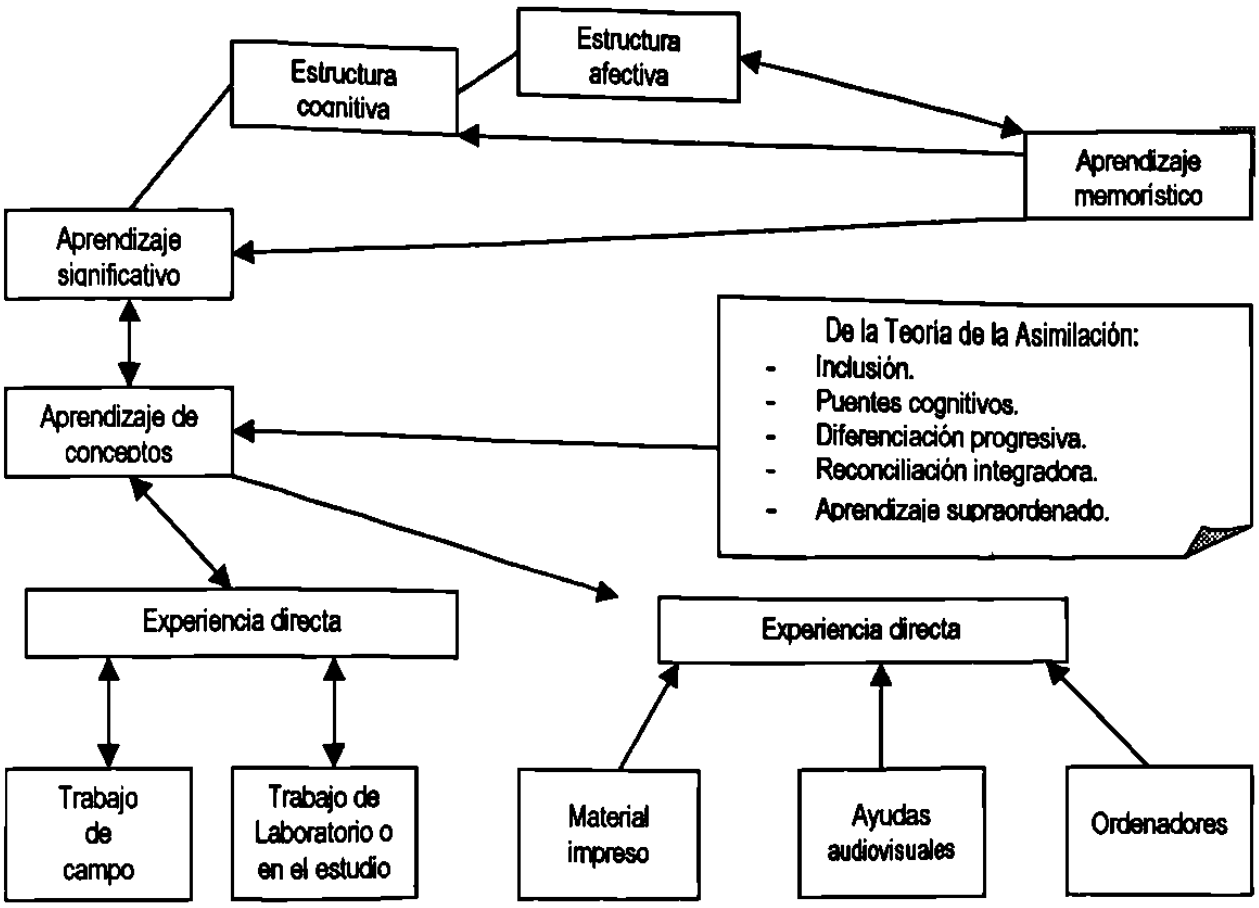
El maestro debe elaborar "organizadores previos" (véase el glosario) que expone inicialmente a los estudiantes, luego se les presenta el conocimiento semántico y procedimental, con gran número de ejemplos. Los estudiantes necesitan luego aplicar el conocimiento en la solución de problemas, mejor si son de la realidad.

IV.2. Los estilos de aprendizaje

"Un estilo de aprendizaje está relacionado con las conductas que sirven como indicadores de la manera en que aprendemos y nos adaptamos al medio ambiente *(2)*.

(2) Garza Rosa Mª y Susana Leventhal. Op. Cit. pág. 54.

Figura 4.3. Ejemplo de jerarquía conceptual de aprendizaje propuesta por Novak para esquematizar su propia exposición del aprendizaje significativo.
Citado: Fernández Pérez Miguel, 1994, pág. 191.



Todas las personas somos diferentes, percibimos la realidad de maneras distintas, aprendemos de distintas formas y pensamos de maneras diferentes, según las formas como se procesa la información. Hay observadores pasivos que mayormente reflexionan y otros activos que principalmente actúan. En este tiempo se insiste mucho en que induzca el "aprender haciendo", recomendando lo objetivo, lo práctico, lo concreto, la realidad; para luego generalizar y pasar a lo abstracto, a las explicaciones racionales. Frida Díaz Barriga, 1998, recomienda el aprendizaje interactivo, en el que el estudiante interroga a los materiales, construye modelos o prototipos. Entonces ocurre el verdadero crecimiento intelectual.

IV.3. Cinco clasificaciones de estilos de aprendizaje:

1.- La de Herman Witkins.

Distingue cómo las personas separan un factor del campo visual:

a) Dependientes de campo. A los aprendices se les dificulta concentrarse en un solo aspecto de alguna situación o para analizar las partes que forman un patrón.

b) Independientes de campo. Pueden muy bien estudiar las partes separadamente.

2.- Clasificación del Dr. David Kolb.

a) *Divergentes*. Tienen viva imaginación, son emotivos, gustan de los temas humanísticos.

b) *Asimiladores*. Tienen mucha habilidad para abstraer. Son prácticos para conseguir metas.

c) *Convergentes*. Son muy lógicos y deductivos. Prácticos, les interesan más las cosas que las personas. La física en su fuente.

d) *Acomodadores*. Fácilmente se adaptan. Impacientes, insistentes. Suelen triunfar en la mecánica. Son amigables.

3.- Clasificación del psicólogo Carl Jung.

a) *Sensitivos*. Observadores, prefieren las experiencias inmediatas.

b) *Intuitivos*. Desarrollan habilidades imaginativas, teórico-abstractas.

c) *Racionalistas*. Son muy lógicos, preocupados por el orden y la justicia y el sentido crítico.

d) *Sentimentales*. Fácilmente reaccionan emocionalmente. Se preocupan por los valores propios y ajenos. Buscan la afiliación, la pertinencia y el calor humano.

4.- Clasificación del Dr. David Merril.

a) *Amigables*. Flexibles, confiables, respetuosos, con disponibilidad y deseo de agradar.

b) *Analíticos*. Aferrados a la tradición, persistentes, moralistas, severos y metódicos.

c) *Conductores*. Dominantes, independientes, prácticos, decididos, eficientes.

d) *Expresivos*. Manipuladores, indisciplinados, egoístas, ambiciosos, entusiastas y dramáticos.

e) *Versátiles*. Sensibles, muy sociables y adecuados a la situación.

5.- Clasificación de Bernice McCarthy.

a) *Imaginativos*. Integran experiencias, aprenden escuchando y compartiendo ideas. Respetan la autoridad.

b) *Analíticos*. Perciben fácilmente la información abstracta. Valoran el pensamiento secuencial. Profundizan.

c) *De sentido común*. También aprenden lo abstracto-pragmáticos, realistas. Necesitan saber la aplicación directa de lo que aprenden.

d) *Dinámicos*. Se interesan por lo novedoso. Se adaptan fácilmente a los cambios. Aman los riesgos. Suelen desafiar la autoridad y tratar de manipular.

Los maestros necesitan intentar conocer, mediante test y observaciones, qué estilos de aprendizaje predominan entre sus alumnos y tratar de exponer los conocimientos de las maneras más variadas, aunque repitan en diferentes formas, o propongan distintos ejercicios, para beneficio de los alumnos, que aprenden de distintas maneras.

IV.4. Las estrategias de aprendizaje

En la historia de la educación en el nivel profesional se sabe que la estrategia más comúnmente empleada es la oral expositiva, que en el mejor de los casos puede llamarse: "conferencia".

Una estrategia recomienda que se eviten las estrategias que fomentan la pasividad de los alumnos, a favor de aquellos que promueven el aprendizaje activo y la interactividad.

Otra estrategia recomienda que se procure la información de las fuentes y que ésta sea expuesta o expresada de diferentes formas: como resumen, en las propias palabras del alumno; en forma sinóptica, en tablas, en "mapas conceptuales", en "mapas mentales", en "circuitos", en secuencias, etc. Otra estrategia consiste en aplicar al conocimiento las principales habilidades del pensamiento, en especial, las de clasificación, análisis, síntesis y evaluación.

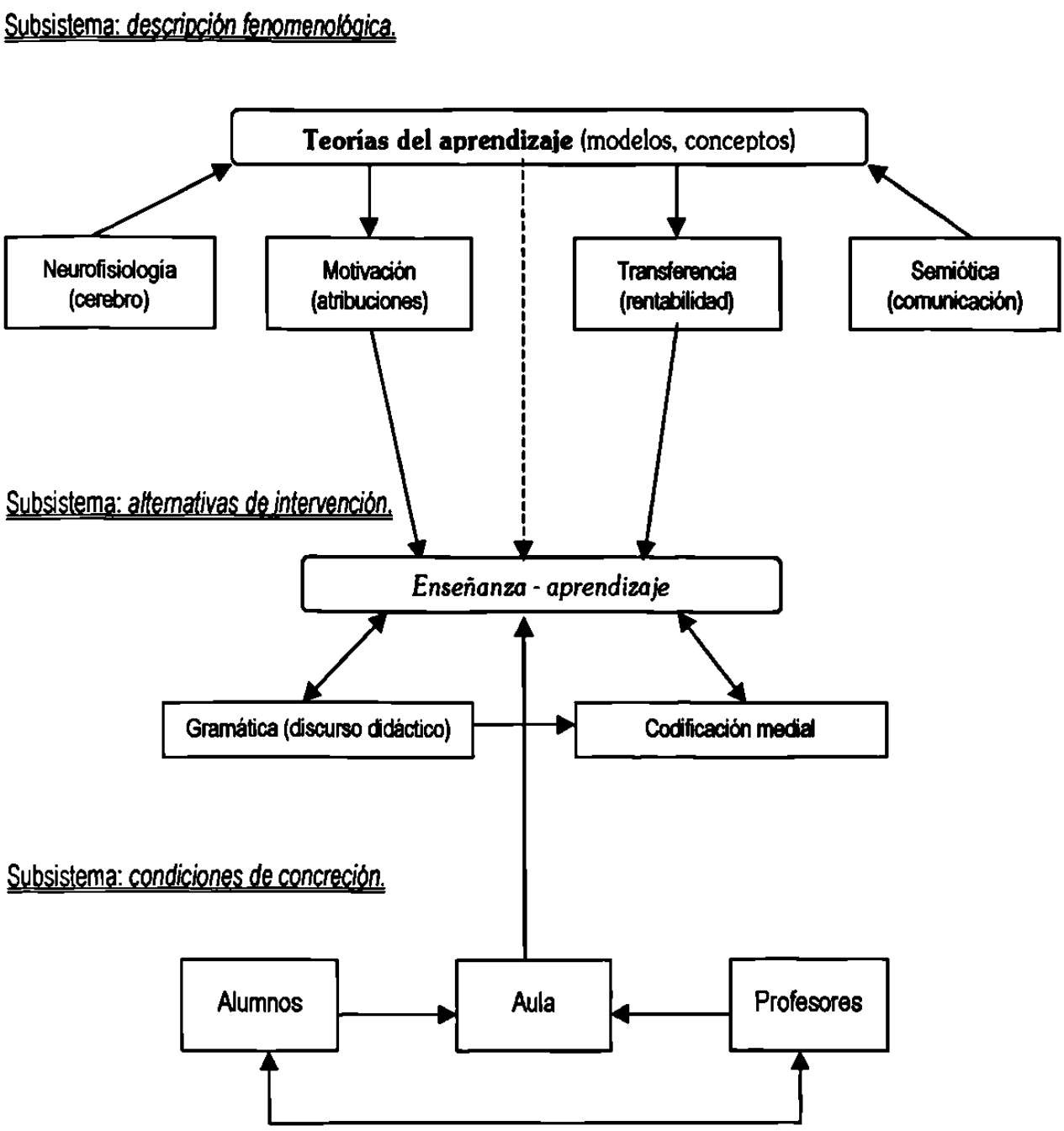
Otra estrategia de aprendizaje es la llamada "V de Gowin", que se aplica en el trabajo científico, comparando frente a frente, sobre el esquema gráfico de la letra "V", los métodos, la realidad y el aspecto teórico-conceptual.

Otra estrategia de aprendizaje es el metacognitivo, que consiste en permanecer todo el tiempo con absoluta consciencia de los procesos mentales que implica cada tarea académica y optimizados a través de diferentes técnicas.

Una estrategia que suele ser utilizada dentro de todas las demás es la de las preguntas intercaladas. Las preguntas deben de hacerse con mucho cuidado para que promuevan una respuesta razonada y de calidad, intercalar preguntas en las demás técnicas, para interrumpir algo rutinario; sobre todo para constatar si nos estamos explicando satisfactoriamente. Suelen agruparse las estrategias que incitan la representación gráfica en las siguientes especialidades:

Figura 4.4. Sistema de analizadores (red semántica) para la comprensión de la enseñanza desde la perspectiva psicológica.

Tomado de Fernández Pérez Miguel, Tareas de la profesión docente, pág. 167.



a) *Pistas tipográficas y discursivas*.- Se recomienda utilizar distintos tamaños de letras, recuadros, subrayados, mensajes marginales y otros artificios para llamar la atención del lector. Lo mismo se hará cuando el mensaje sea oral: cambiando el ritmo, elevando o bajando la voz, haciendo ademanes, adoptando posturas, etc. para darle importancia especial a lo que se comunica.
b) *Uso de analogías*.- Consiste en hacer comparaciones, explícitas o implícitas de unos conceptos con aquellas cosas pintorescas que se les parecen.
c) *Uso de ilustraciones*.- Utilizar fotografías, dibujos, esquemas y otros medios gráficos.

IV.5. El aprendizaje basado en problemas.

Este excelente método (PBL, en inglés) está fundamentado en un enfoque constructivista, en donde el alumno parte de una experiencia y abstrae los conocimientos para aplicarlos en una situación problemática, similar a aquélla en la que aprendió.

Al proponerse a los alumnos un caso problemático por resolver (mejor si es del ámbito profesional), éstos tienen oportunidad de organizar sus ideas, consultar textos, discutir estrategias y alternativas con los compañeros y con el maestro y al final, proponer soluciones.

Los maestros que tenemos ya décadas enseñando en aulas universitarias, diseño de estructuras, ahora podemos explicarnos alguna causa del éxito relativo que hemos tenido al lograr el aprendizaje de muchos alumnos, pues hemos aplicado intuitivamente un método que ahora elogian los expertos en didáctica. Por años hemos resuelto problemas de estructuras ante el grupo; quizá utilizando

viciosamente algunos procedimientos; pero siempre exigiendo que después los alumnos resuelvan personalmente problemas similares.

IV.6. La estrategia del uso de modelos físicos tridimensionales.

La estrategia que se propone valorar en esta investigación incluye parcialmente algunas estrategia de las arriba mencionadas: explicación oral, lectura de textos, solución gráfica de problemas de análisis, solución de los problemas correspondientes a la producción de los modelos y la participación existencial de casi todos los sentidos (vista, oído, olfato, tacto) durante el proceso de calcular, dibujar, adquirir materiales y aparatos; para finalmente, producir los modelos.

El término modelo, de manera no científica, significa miniatura, arquetipo o paradigma a copiar, objeto para dibujar o fotografiar. De manera científica, un modelo sirve para probar la consistencia de una teoría; como objetivo llegar a una percepción consciente, descubrir y sentir los objetos, las formas, las estructuras espaciales, a través de objetos similares a la realidad, realizando determinadas operaciones de configuración.

Un modelo es un conjunto de signos isomorfos en relación con una teoría. Los sistemas son isomorfos cuando sus elementos se corresponden biunivocamente.

En la confrontación diaria con el entorno, la capacidad de pensar en lo tridimensional y la ciencia plena de ello se debilitan en la medida en que se abstrae. El trabajo experimental, usando modelos, tiene como objetivo llegar a una percepción consistente, descubrir y sentir los objetivos, las formas, las estructuras

especiales, a través de objetos similares a la realidad, realizando determinadas operaciones configuraciones y técnico-artesanales.

El proceso de trabajo necesario para producir un objeto especial es multidimensional y requiere de un gran esfuerzo técnico y artesanal. Los materiales, la multiplicidad de medios técnicos y modos de elaboración exigen tener cálculos y medidas exactas y una clara finalidad en el trabajo de configuración.

La realización de los objetos se desarrolla en varios ensayos, utilizando los materiales y las técnicas de mayor economía, sin sacrificar la calidad y con una idea de determinada durabilidad, pues unos modelos pudiesen ser destruidos momentos después de ser evaluados, mientras que los de calidad sobresaliente serían conservados para usarse en la enseñanza en cursos de estructuras, formando, además, parte de una especie de museo didáctico. Posteriormente se detallarán más los procedimientos.

A continuación se enumeran algunos de los aspectos más significativos de la teoría actual del aprendizaje, que servirán como un fundamento conductual para el estudio de las prácticas actuales de enseñanza-aprendizaje.

1.- Todos los seres humanos pueden aprender. Los individuos de todas las edades y con diversas capacidades intelectuales tienen la habilidad para aprender nuevas conductas.

2.- Una persona debe estar motivada para aprender. Esta motivación puede existir en una variedad de formas, como la autorrealización las posibilidades de ascenso, o incentivos financieros. Sin embargo la mejor motivación para el aprendizaje es la automotivación.

3.- El aprendizaje es activo, no pasivo. La educación eficaz requiere de la acción y la intervención de todos los participantes.

4.- Los estudiantes pueden aprender más rápido con orientación. La retroinformación es necesaria porque el método de ensayo y error requiere mucho tiempo y es ineficiente.

5.- Deberán proporcionarse materiales apropiados. Los educadores deben poseer un repertorio razonable de elementos y materiales para capacitación, como casos, problemas, preguntas de discusión y lecturas.

6.- Debe proporcionarse tiempo para practicar el aprendizaje. Parte del proceso de aprendizaje requiere mucho tiempo para que el estudiante se interiorice, asimile, pruebe, acepte y confíe.

7.- Los métodos de aprendizaje deberán ser variados. La variedad debe introducirse para evitar el cansancio y el aburrimiento.

8.- El estudiante debe obtener satisfacción del aprendizaje. La educación debe satisfacer necesidades, deseo y expectativas humanas.

9.- Los estudiantes necesitan reforzamiento de la conducta correcta. Las recompensas positivas e inmediatas refuerzan y cimentan las conductas deseadas.

10.- Deberán establecerse estándares de desempeño para el estudiante. Deben establecerse metas de modo que los individuos juzguen sus logros y progresos educativos.

11.- Existen diferentes niveles de aprendizaje. El aprendizaje puede abarcar la conciencia del cambio de actitudes, o la modificación de la conducta. Cierto tipo de aprendizaje implica procesos mentales, mientras que otras actividades de instrucción se concentran en maniobras físicas. Hay diferentes exigencias de tiempo y de método para lograr distintos niveles de aprendizaje.

12.- El aprendizaje es un ajuste de parte del individuo. El aprendizaje real representa un cambio en una persona, y todos los cambios requieren ajustes.

13.- Las diferencias individuales tienen gran importancia en la eficacia del proceso de aprendizaje. Lo que algunos individuos pueden aprender con facilidad

puede ser muy difícil para otros, debido a diferencias en las habilidades básicas o en los antecedentes culturales.

14.- El aprendizaje es un proceso acumulativo. La reacción de una persona en cualquier lección está condicionada y es modificada por lo que ha aprendido en lecciones o experiencias anteriores.

15.- El ego se considera como un factor de primera importancia en el aprendizaje. Cada participante aprende más cuando él, o ella, ve que la oportunidad de capacitación se relaciona con el logro de metas personales.

16.- La tasa de aprendizaje disminuye cuando intervienen habilidades complicadas. Las habilidades sencillas pueden aprenderse con más facilidad y rapidez que las actividades complicadas.

17.- El aprendizaje está estrechamente relacionada con la atención y la concentración. El proceso del aprendizaje es más eficaz si se evitan las distracciones.

18.- El aprendizaje implica tanto la adquisición inmediata como la retención a largo plazo del conocimiento. Esta retención se intensifica mediante la comprensión, el énfasis y la repetición.

19.- En la curva del aprendizaje hay puntos ascendentes y otros descendentes. El conocimiento nuevo siempre se adquiere de una forma esporádica.

20.- Por lo general, durante el proceso del aprendizaje la exactitud merece más atención que la velocidad. La velocidad puede controlarse, pero no es tan fácil controlar la exactitud.

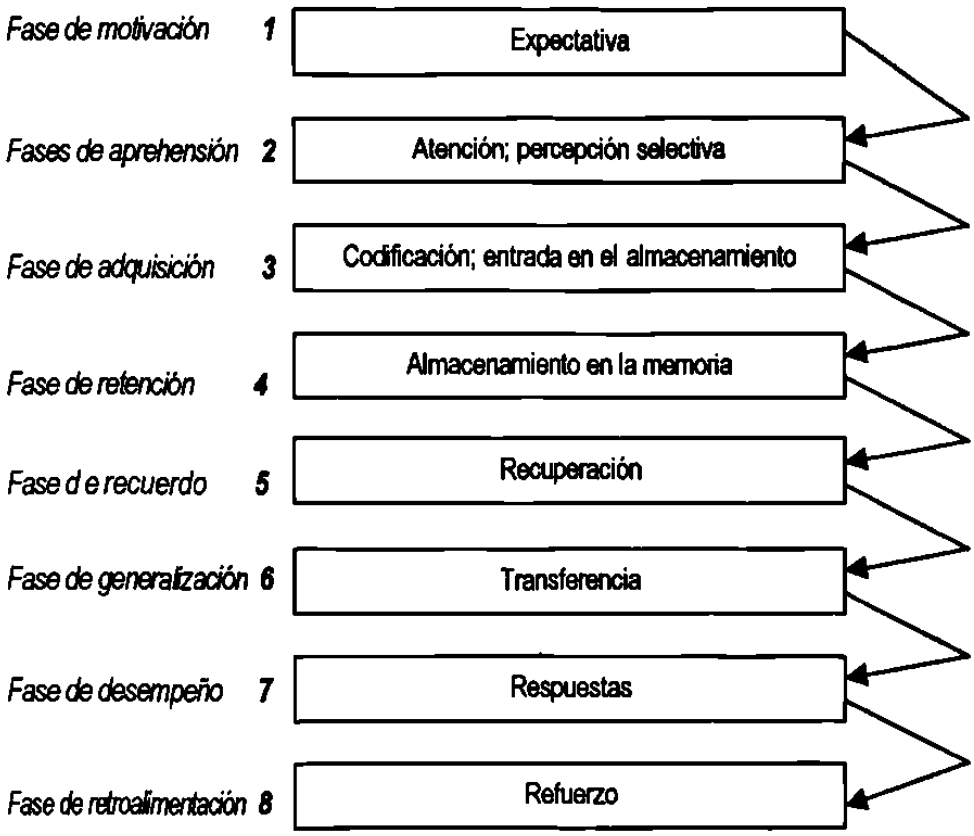
21.- La ley del efecto estipula que una respuesta particular se vuelve más certera cuando ocurre con más frecuencia. Dicho de otra manera, la repetición tiende a fijar la respuesta o el ajuste.

22.- El sueño afecta al aprendizaje. Con frecuencia la retención se incrementa si el sujeto duerme inmediatamente después de una sesión de aprendizaje.

23.- El aprendizaje debe basarse en la realidad. La educación debe estar muy relacionada con las experiencias de la vida del estudiante.

24.- El aprendizaje debe estar orientado hacia una meta. Los propósitos y recompensas específicas asociados con el esfuerzo de aprendizaje por lo general intensifican la actividad educativa.

Fases 4.5. Motivación, aprehensión, adquisición, retención, recuerdo, generalización, desempeño, retroalimentación. Fases y procesos del acto de aprendizaje (Gagné, 1974, pág. 28)



El mensaje

¿Por qué el empleo de medios audiovisuales y de otros auxiliares didácticos en la enseñanza?.

Estamos implícitos en un proceso de aprendizaje que dura toda la vida. Este aprendizaje no se reduce a acumular conocimiento y procedimiento, sino capacidades que nos permitan vivir mejor. La adquisición de conocimientos y habilidades rara vez se hace por indagación propia, sino que es resultado de la comunicación de "mensaje".

Las formas de transmisión de mensajes pueden ser de diferentes y según estos modos pueden ser mejor o peor percibidas, interpretadas, entendidas, recibidas, y sus contenidos almacenados en la memoria del receptor. Lenguajes: corporal, de actitud, de mímica o ademanes, gestual, oral, escrito, audiovisual, holístico, etc.

La recepción del mensaje exige del receptor del mismo cierta participación: fijar la atención, ver, oír, tocar, oler, gustar; además de tener cierta preparación premeditada, o no para recibir el mensaje.

En el uso de un medio audiovisual, se ingresa a un lugar acondicionado, se atenúan las luces, se disfruta de insonorización y de cierto relajamiento en butacas cómodas, además de cierta esperanza espectacular que contribuye a focalizar la atención del sujeto receptor. La música con su particular belleza hace más penetrante el mensaje, a lo cual se debe agregar el arte plástico o visual representado por el color, las formas, el claroscuro, la composición, etc., sobre lo cual aún puede aparecer un mensaje cifrado en palabras y otros signos que pueden llegar hasta lo subliminal.

Se ha comprobado a través de diferentes estudios (Giacomantorio 1976) que los medios masivos de comunicación audiovisuales, el cine y la T.V., desempeñan un papel

determinante en los procesos de transformación y conservación cultural de la sociedad, a través de los siguientes mecanismos:

a) El ambiente en el que se recibe el mensaje, que es cómodo, agradable, seguro, sin interferencias.
b) El deseo del receptor o la apertura para recibir el mensaje.
c) Los aspectos de placer en que está envuelto el mensaje: lugares bellos, gente joven y bella, eventos placenteros, música, luminosidad, etc.
d) La idea de dinamismo, vigor y movimiento.
e) La posibilidad de identificación del sujeto receptor del mensaje con el protagonista del medio, es todo que puede llegar a prehipnótico o preonírico, por la ilusión que se crea.
f) El deseo de participar en los movimientos sentimentales del mensaje, dada una especie de anonimato del espectador, que se aísla mentalmente del grupo.
g) El ascendiente que adquiere el locutor que lanza mensajes discretos, apoyados por lo gráfico y lo coyuntural.
h) La empatía o antipatía que se crea en el ánimo del espectador, hacia los valores y actitudes que intuye en el mensaje.

La mayor objetividad

En espectáculos en vivo, como el teatro o las funciones de circo, la objetividad es mayor y esto supone mayor impresionabilidad y mayor impronta o huella en el ánimo de los espectadores.

En el uso de modelos físicos tridimensionales en la enseñanza, lo que se pierde en espectacularidad (música, luces) se gana en la intervención del sentido del tacto: puedes tocar. Sobre todo, es indeleble la experiencia de haber elaborado personalmente los modelos; pues esto supone toda una odisea de la cual se hablará en el apartado de la producción de los modelos.

V. MODELO DE ARMADURAS PLANAS

V.1. Introducción sobre armaduras

V.1.1. Antecedentes de armaduras

Existen muchos y muy variados tipos de armaduras. Estas estructuras están formadas por barras unidas entre sí por medio de articulaciones, en donde el sistema de carga que soportan está constituido por cargas concentradas en las articulaciones y actuando en el mismo plano de la armadura.

Hace varios años las armaduras se fabricaban de madera, pero actualmente se hacen metálicas. Su aplicación ha sido aprovechada para librar grandes claros, sin la necesidad de colocar columnas intermedias; por ello se utilizan en naves industriales, cines, estadios, puentes, etc.

Las armaduras son estructuras formadas por barras que se articulan en puntos llamados nodos, de tal manera que se determine una retícula con formación triangulada que permite la rigidez de la estructura en el plano.

V.I.2. Definición de armadura

Es una estructura plana constituida por un conjunto de barras articuladas en forma triangulada, cuyo sistema de carga está integrado por fuerzas concentradas que actúan en las articulaciones, llamadas también nodos, y que se ubican en el mismo plano de la armadura. En estas condiciones las barras de una armadura sólo resisten fuerzas axiales (normales).

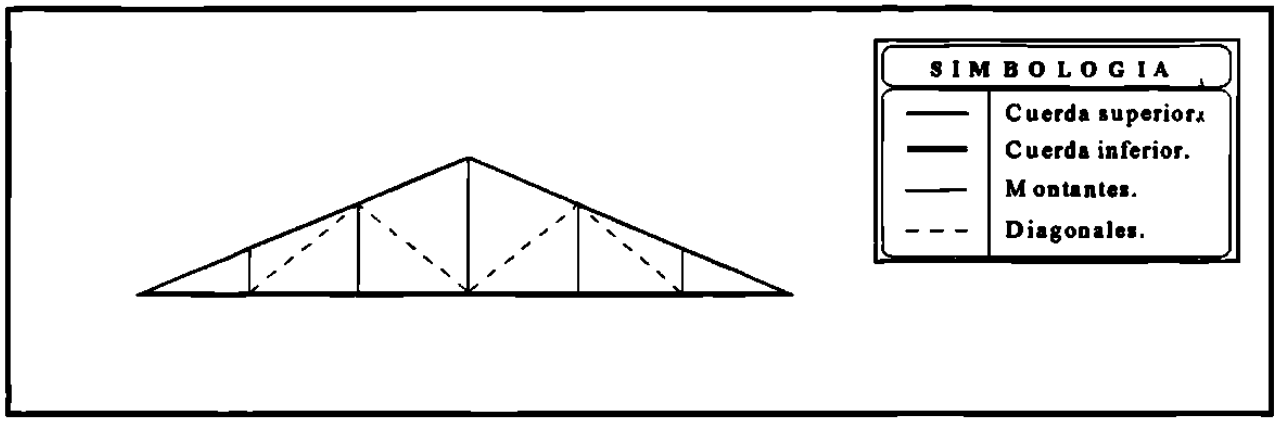
La armadura es un tipo de estructura de mayor importancia en ingeniería. Proporciona soluciones tanto prácticas como económicas a muchos problemas principalmente en el diseño de puentes y edificios. Una armadura consta de elementos rectos conectados en los nodos (nudos). Los miembros de una armadura se unen solamente en sus extremos; es decir, un miembro no puede ser continuo a través de un nodo.

La mayoría de las estructuras que existen están formadas por varias armaduras unidas que forman configuraciones especiales. Cara armadura se diseña para soportar cargas que ejercen fuerza en su propio plano, por lo que pueden ser tratadas como estructuras bidimensionales.

V.I.3. Elementos que integra una armadura.

En una armadura debemos distinguir cuatro tipos de barras como son:

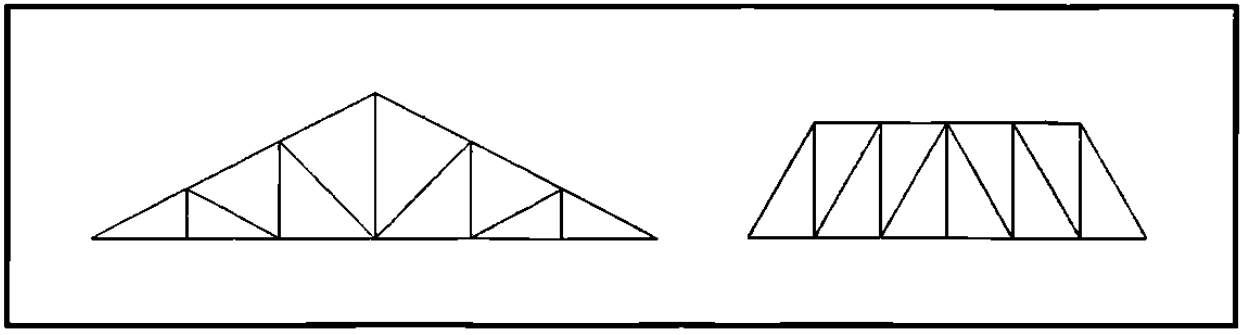
a) *Cuerda superior:* Es el conjunto de barras que conforman la parte más elevada de la estructura. Para solicitaciones de tipo gravitacional, normalmente son piezas que trabajan a compresión.
b) *Cuerda inferior:* Es el conjunto de barras que forman la parte más baja de la estructura. Para solicitaciones gravitacionales generalmente trabajan a tensión.
c) *Montantes:* Denominamos así a las barras verticales de una armadura.
d) *Diagonales:* Son piezas que, como su nombre lo indica, tienen posición inclinada.



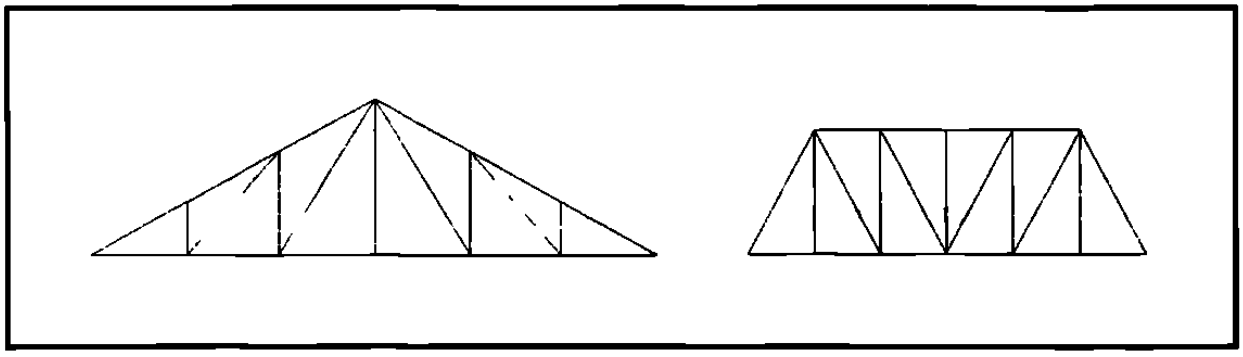
Existen varios tipos de arreglos geométricos para las armaduras y ello permite hacer distinciones. Algunos de los tipos más comunes los describimos a continuación, y por lo general se respecta que los ángulos de las diagonales tengan un valor comprendido entre 30º y 60º.

V.I.4.Tipos de armadura.

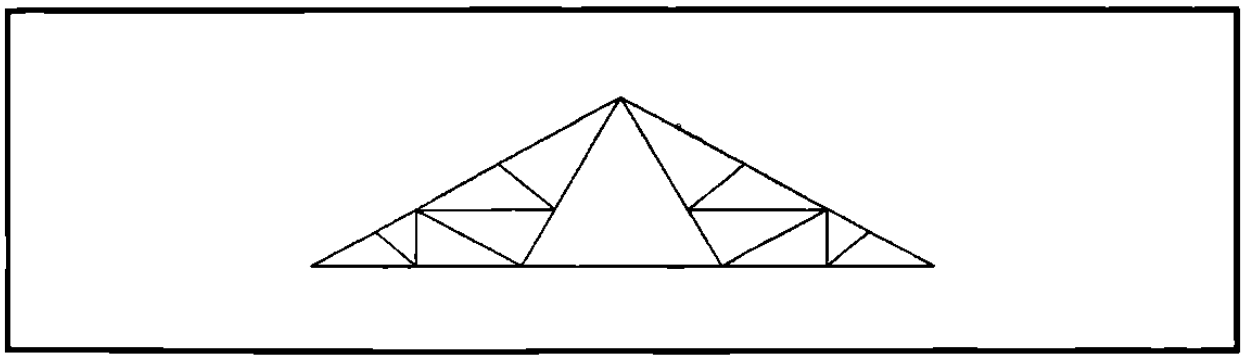
Howe diagonales trabajando a compresión y montantes a tensión.



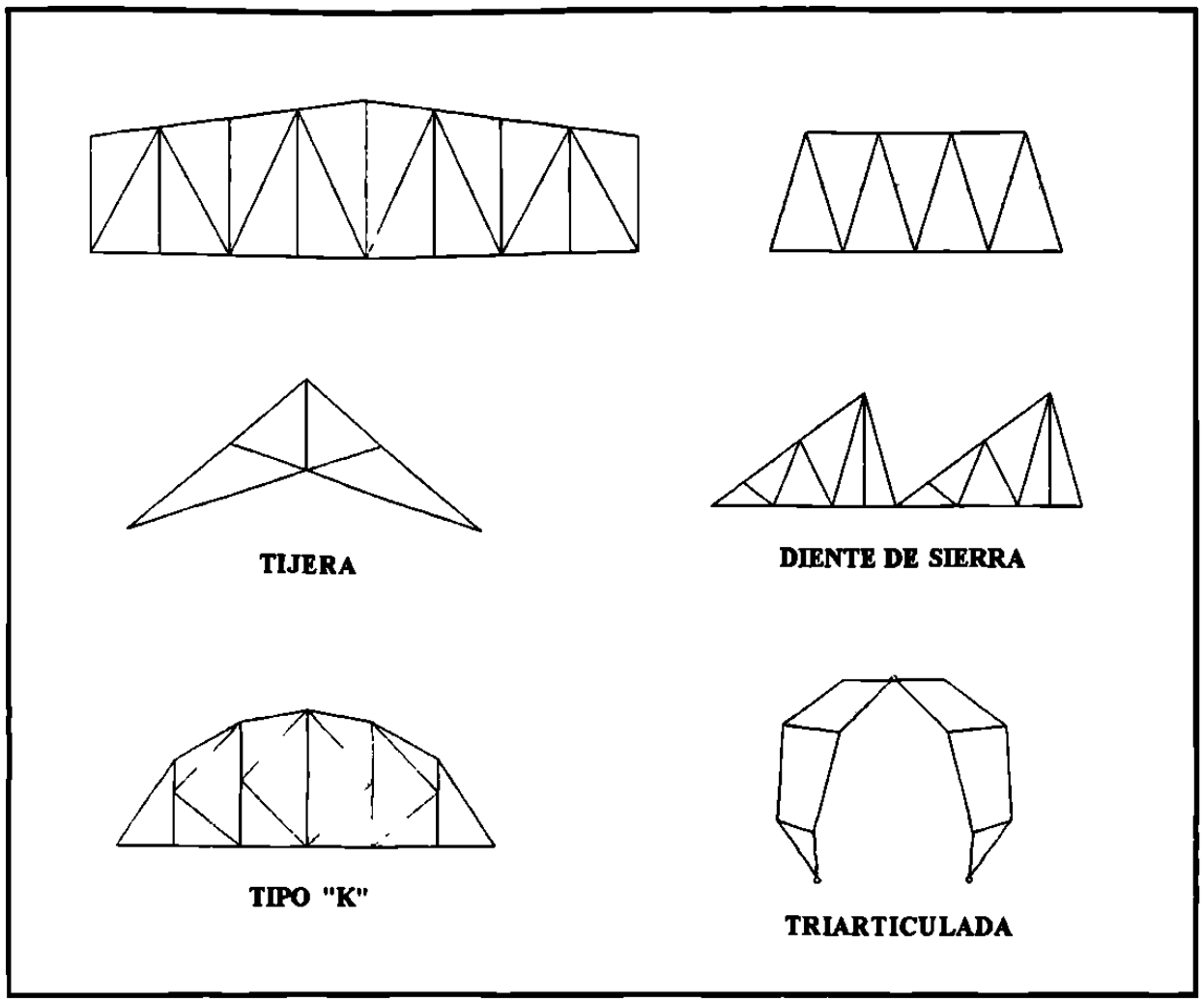
Pratt diagonales trabajando a tensión y montantes a compresión.



Fink las barras a compresión son las más pequeñas.



Warren ideales para cargas móviles, como en los puentes.



V.2. Métodos de análisis de armaduras

Los resultados de análisis de armaduras pueden dividirse en analíticos y gráficos. Los métodos pueden ser:

- Métodos de nodos
- Métodos de las secciones
- Métodos Gráficos: Cremona y Maxwell.

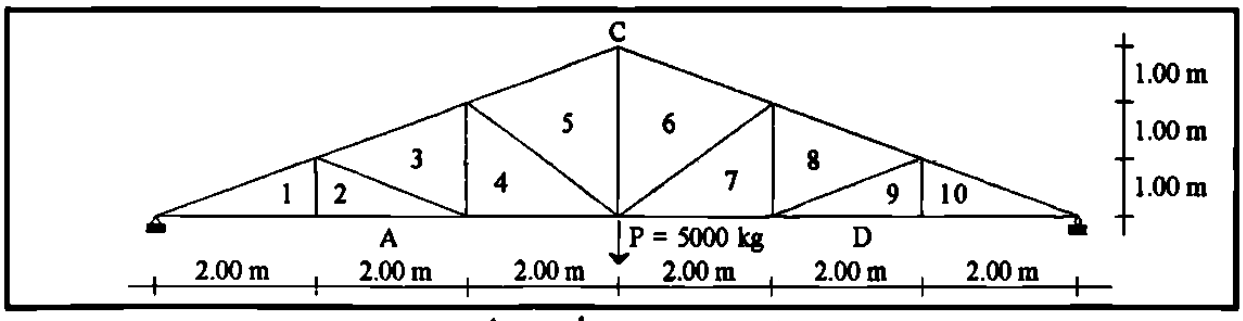
El uso de uno u otro método depende muchas veces del uso que se le de al análisis y de la facilidad o dificultad que se tenga para aplicar una u otra.

Para uso profesional, generalmente se recomienda los métodos gráficos por su rapidez y facilidad de presentar la solución y para fines de revisión estructural de una armadura se recomienda el método de las secciones porque nos permite ir directamente al elemento de interés.

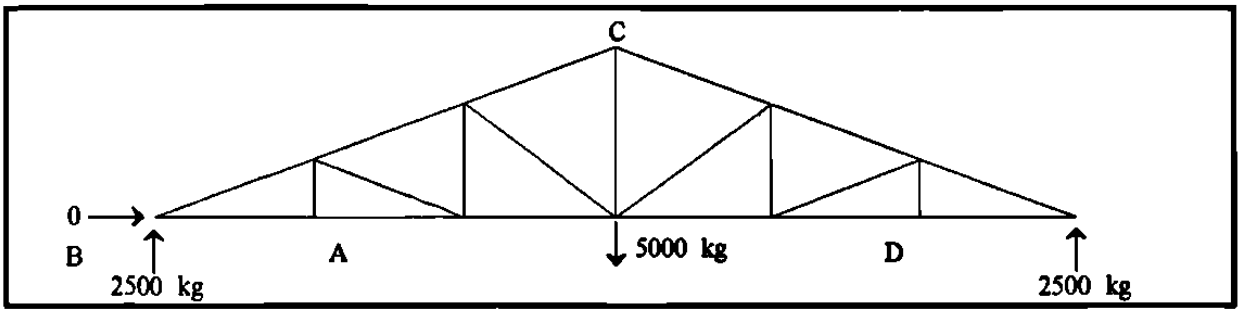
V.2.1. Suposiciones fundamentales para análisis de armaduras

- Una sección plana antes de la aplicación. Todos los elementos trabajan sólo bajo el efecto de cargas normales (tensión o compresión).
- Todos las uniones son articuladas.
- Todos los elementos se disponen formando triángulos.
- Todas las cargas externas se aplican en las uniones.
- Todas las cargas externas e internas son coplanares

V.2.2.Ejemplo de solución de armaduras por el método de las secciones (analíticamente).



Armadura propuesta



Se determinan únicamente los elementos:

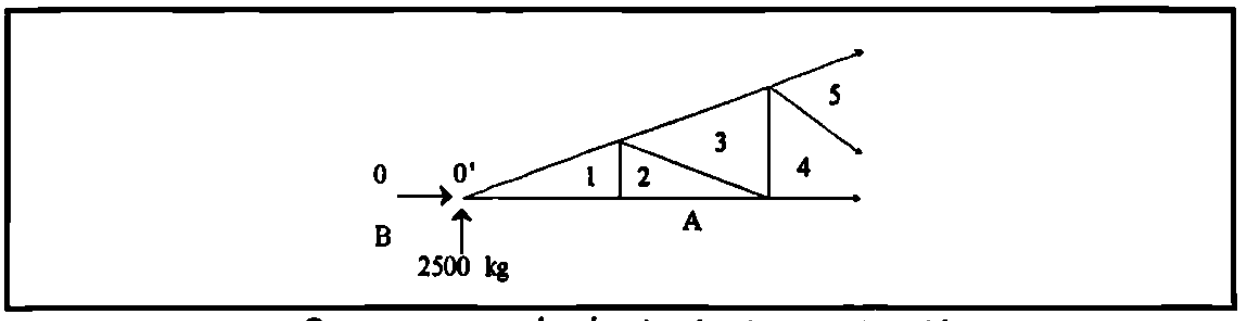
C-6

6-7

D-9

A-4

4-5



Suponemos todas las incógnitas en tensión

$$\sum M_o = 0$$

$$2500kg(4m) - (A-4)(2m) = 0$$

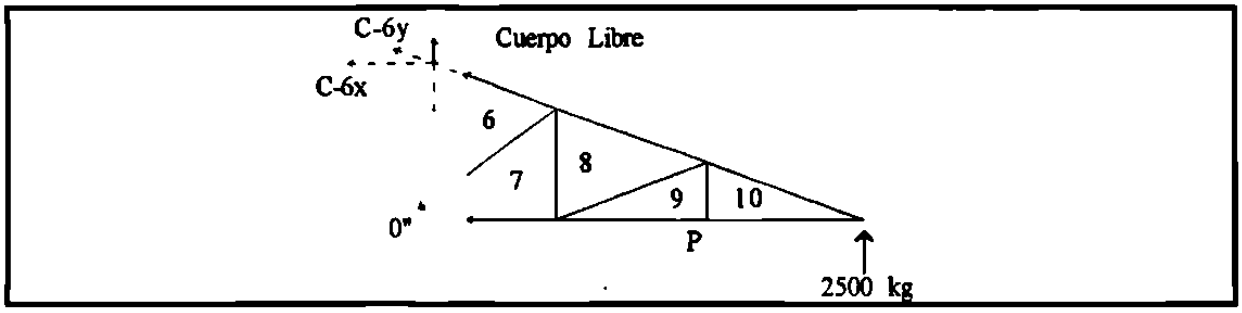
$$A - 4 = 5000kg \text{ (Tensión)}$$

$$\sum M_o' = 0$$

$$(4-5)\left(\frac{2}{\sqrt{8}}\right)(2) + (4-5)\left(\frac{2}{\sqrt{8}}\right)(4) = 0$$

$$\therefore 4 - 5 = 0$$

Por simétrico $\quad 4 - 5 = 6 - 7$

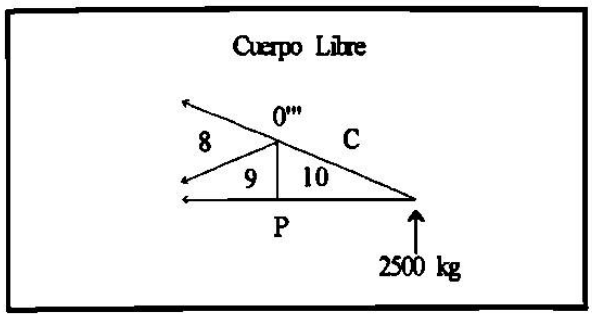


$$\sum M''_o = 0$$

$$-(C-6)Cos\theta(3m) - 2500kg(6m) = 0$$

$$-(C-6)\frac{2}{\sqrt{5}}(3) - 15{,}000 = 0$$

$$C - 6 = -\frac{15{,}000\sqrt{5}}{6} = -5590kgs \text{ (compresión)}$$



$$\sum M_o''' = 0$$

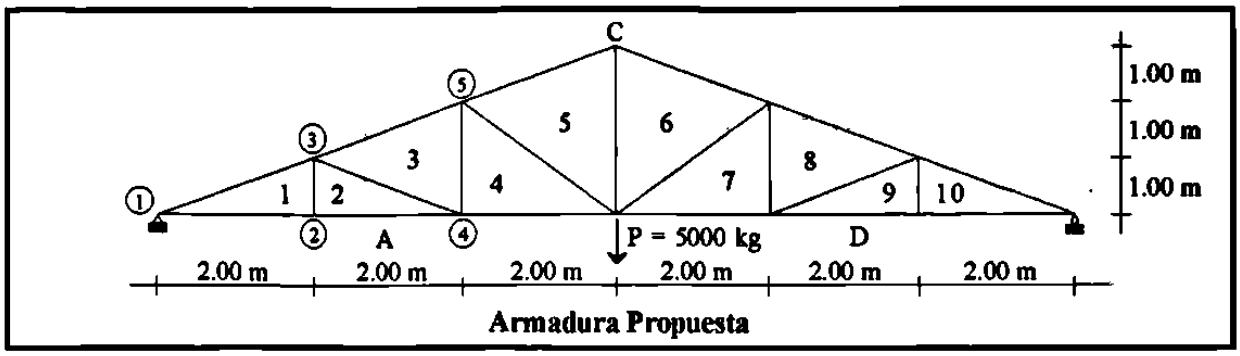
$$(D-9) \quad (1m) - 2500kg(2m) = 0$$

$$D - 9 = 5000kg \text{ (tensión)}$$

Tabla de resultados:

Elemento	Fuerza Tensión	Interna Compresión
A-4	5000 kg	
4-5	0	
C-6		5590
6-7	0	
D-9	5000 kg	

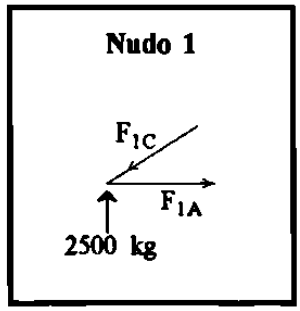
V.2.3. Ejemplo de solución de armaduras por el método de los nodos (analíticamente).



Solución:

$R_1 = 2500kg$

$R_2 = 2500kg$



$$\Sigma Fy = 0$$

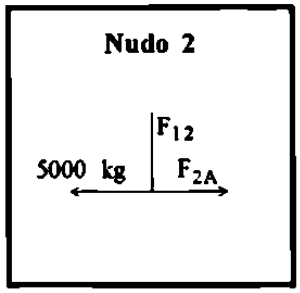
$$F_{1C}\left(\frac{1}{\sqrt{51}}\right) - 2500 = 0$$

$$F_{1C} = 2500\sqrt{5}kg$$

$$\Sigma Fx = 0$$

$$F_{1A} - 2500\sqrt{5}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) = 0$$

$$F_{1A} = 5000kg$$



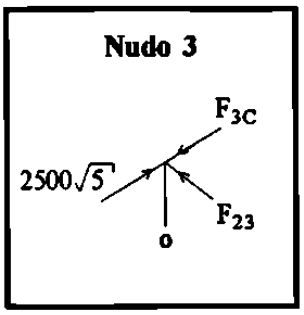
$$\Sigma Fx = 0$$

$$F_{2A} - 5000 = 0$$

$$F_{2A} = 5000 \ kg$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_{12} = 0$$



$$\Sigma Fx = 0$$

$$2500\sqrt{5}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) - F_{23}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) - F_{3C}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) = 0$$

$$F_{23} + F_{3C} = 2500\sqrt{5} \qquad (1)$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$2500\sqrt{5}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) + F_{23}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) - F_{3C}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) = 0$$

$$-F_{23} + F_{3C} = 2500\sqrt{5} \qquad (2)$$

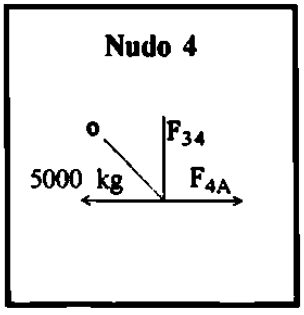
Sumando 1 y 2

$$2F_{3C} = 5000\sqrt{5}$$

$$F_{3C} = 2500\sqrt{5}kg$$

Sustituyendo en ***1*** *y despejando* $\boldsymbol{F_{23}}$

$$F_{23} = 0$$



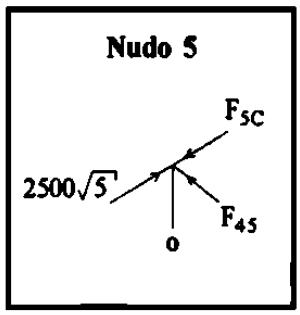
$$\Sigma Fx = 0$$

$$F_{4A} - 5000 = 0$$

$$F_{4A} = 5000kg$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_{34} = 0$$



$$\Sigma Fx = 0$$

$$2500\sqrt{5}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) - F_{5C}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) - F_{45}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 0$$

$$F_{5C}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) + F_{45}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 5000 \quad (1)$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$2500\sqrt{5}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) + F_{5C}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) - F_{45}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 0$$

$$F_{5C}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) - F_{45}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 2500 \quad (2)$$

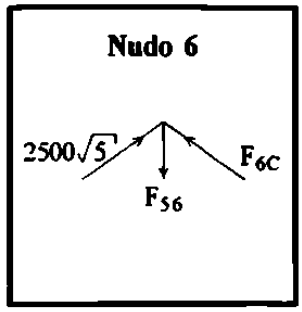
Sumando 1 y 2

$$F_{5C}\left(\frac{3}{\sqrt{5}}\right) = 75000$$

$$F_{5C} = 2500\sqrt{5}kg$$

*Sustituyendo en **1** y despejando* $\boldsymbol{F_{45}}$

$\boldsymbol{F_{45}=0}$



$$\Sigma Fx = 0$$

$$2500\sqrt{5}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) - F_{6C}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) = 0$$

$$F_{6C} = 2500\sqrt{5}kg$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$2(2500\sqrt{5})\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) - F_{56} = 0$$

$$F_{56} = 5000kg$$

Y como la armadura es simétrica, entonces:

$F_{1A} = F_{10D} = 5000$ kg *(tensión)*

$F_{1C} = F_{10C} = 2500\sqrt{5}$ kg *(compresión)*

$F_{12} = F_{910} = 0$

$F_{2A} = F_{9D} = 5000$ kg *(tensión)*

$F_{3C} = F_{8C} = 2500\sqrt{5}$ kg *(compresión)*

$F_{23} = F_{89} = 0$

$F_{4A} = F_{70} = 5000$ *(tensión)*

$F_{34} = F_{78} = 0$

$F_{5C} = F_{6C} = 2500\sqrt{5}$ kg *(compresión)*

$F_{45} = F_{67} = 0$ *(tensión)*

$F_{56} = 5000$kg

V.3. Conceptualización del Modelo.

Las armaduras son estructuras formadas con eslabones unidos por pasadores y en los cuales, teóricamente no hay fricción. Los elementos forman figuras geométricas que generalmente son triángulos.

Con este modelo se desea medir las fuerzas que se generan en los elementos al aplicarle a la armadura un sistema de cargas. Se pensó en una serie de cinco armaduras típicas las cuales se reprodujeron a escala. Los elementos de las armaduras debían de cumplir varias condiciones entre otras la ser de un material fácil de conseguir, que en el proceso de fabricación se tenga un buen control de calidad, tener buena presentación, etc. para ello escogimos el acrílico por ser un material trabajable, con un módulo de elasticidad que no tiene mucha variación debido a su control de calidad, tiene una visibilidad muy buena y se le puede dar un buen acabado.

Debido a la falta de rigidez propio de las armaduras sobre el plano transversal al de las cargas, se pensó arriostrar toda la armadura de forma que no fallara en esa dirección, para esto se colocó entre dos laminas de cristal que hicieran la función de evitar el movimiento lateral, la separación entre paños internos es de 4 cm; esta separación esta dada con el fin de que en un mismo nudo puedan unirse hasta 12 elementos lo que nos indica que puede ser una estructura estándar. Estas dos láminas están sostenidas por sendos marcos de aluminio que están empotrados en madera que sirve de soporte para todo el conjunto. La elección de la madera es debida a la rigidez que le puede dar al modelo en conjunto. A los marcos se les hicieron orificios de 1/4" de diámetro con taladro a cada 20 cm. tanto en los

miembros verticales como en los horizontales, entre los marcos y a dichas distancias se colocaron poleas de acrílico de 1" de diámetro (en los miembros verticales y en el horizontal superior), a ellas se les hicieron orificios transversales de 1/4" de diámetro, además constan de ranuras en el sentido longitudinal con el fin de que se puedan colocar hilos en los que se colocaran pesas que servirán como cargas para las armaduras. La unión de los marcos con las poleas se realizó mediante tornillos metálicos. La distancia entre poleas fue determinada con el objetivo de que cualquier armadura pueda cargarse con fuerzas ya sea verticales, horizontales como inclinadas.

Los apoyos de las armaduras fueron hechos de acrílico, ellos van colocados en el miembro horizontal inferior del marco; los apoyos tienen una longitud de 3" cuyo fin es el de que las armaduras no estén al ras del marco de aluminio. Las articulaciones tienen un doblez con el fin de evitar el movimiento lateral de las armaduras, mientras que los rodillos no lo tienen ya que en ellos si se permite el movimiento lateral. Las uniones de los elementos (tornillos y rondanas) están hechos a base de acrílico transparente, con la finalidad de evitar la fricción en dichas uniones. Es importante mencionar que en uno de los marcos el cristal esta totalmente adherido al marco de aluminio tanto que en el otro solamente esta unido el miembro horizontal superior al cristal cuyo objetivo es el que al momento de probar una armadura que no sea la que se esta ensayando, la facilidad con la que se realicen los movimientos necesarios para cambiar de armadura sea la mayor para evitar perdidas de tiempo.

Cada una de las armaduras a ensayar fue instrumentada en 4 elementos con "strain gages" o medidores de deformaciones. Los elementos a instrumentar fueron seleccionados en base a los siguientes criterios:

- Elementos soportando fuerzas a compresión
- Elementos soportando fuerzas a tensión

- Elementos con fuerza nula
- Elementos funcionando como montantes.
- Elementos funcionando como diagonales
- Elementos funcionando como cuerdas (superior e inferior).

La elección de utilizar "strain gages" como medidores de deformación es debida a la exactitud que representa el usar dichas piezas. El modo de trabajar del medidor de deformación es la siguiente: el strain gage esta constituido por un hilo metálico muy fino en forma de "parrilla" montado sobre un soporte, de tal manera, que la mayor parte de su longitud sea paralela a una dirección fija; si deseamos conocer las deformaciones de una estructura según una dirección, el "strain gage" se pega con sus hilos paralelos a dicha dirección y al deformare aquella, producirá variaciones en la geometría del hilo del medidor que originaran una variación en su resistencia; por lo tanto, esta variación de resistencia es emitida hacia el puente de Winstone (instrumento que convierte las variaciones en resistencia por variaciones en la deformación del elemento) que nos indicará una lectura, la cual nos indicará su deformación y con ella y a través de la Ley de Hooke se deduce la fuerza a la que esta sometido dicho elemento.

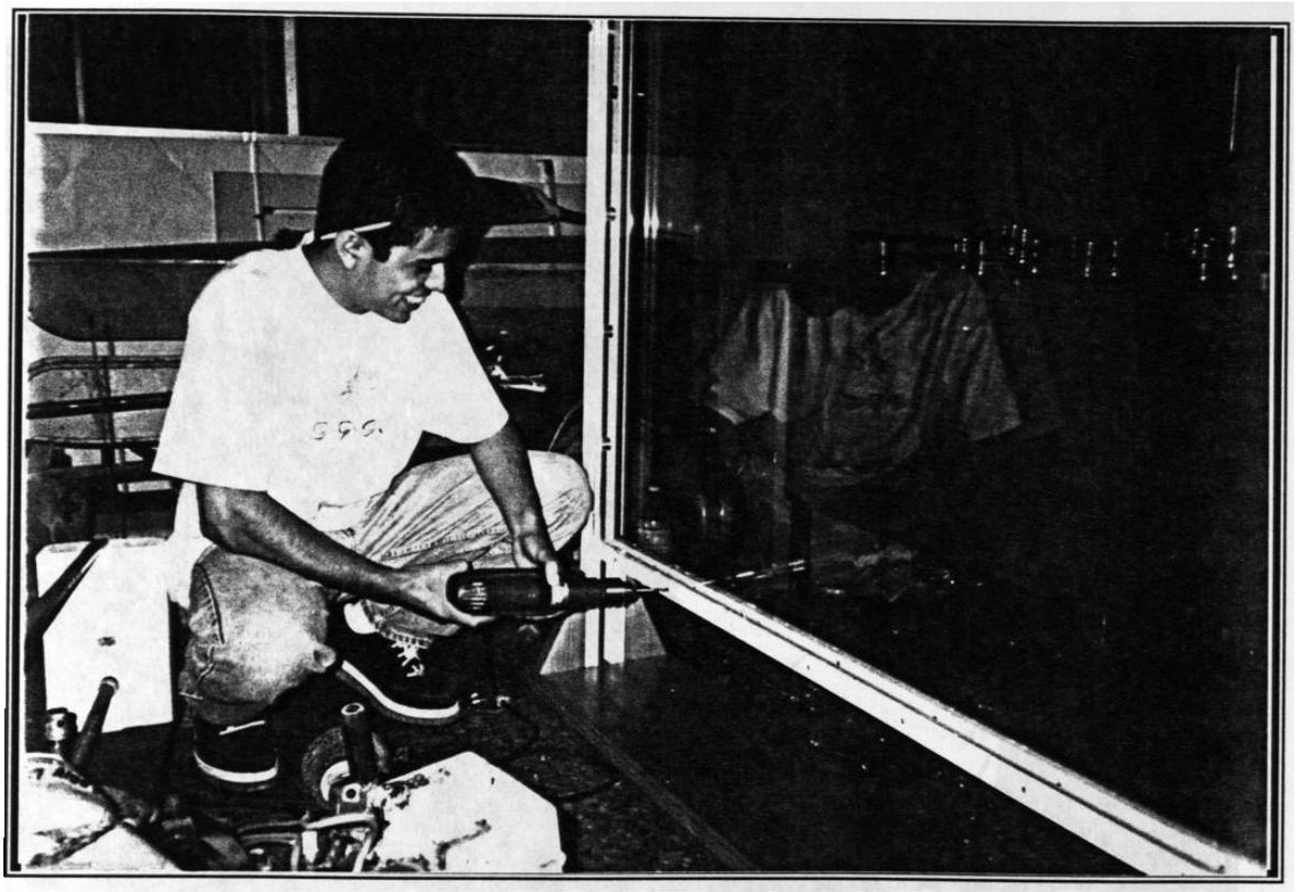
En nuestro caso particular los "strain gages" son conectados a una canaleta (caja) debido a que la cantidad de elementos instrumentados es considerable. Esta canaleta nos ayuda a controlar o elegir el elemento en el que nosotros queramos determinar su deformación. Finalmente esta canaleta es conectada al puente de Winstone. Con la determinación de las deformaciones de los elementos de las armaduras, como ya se mencionó anteriormente a traves de la Ley de Hooke se obtienen las fuerzas actuantes en dichos elementos, para finalmente compararlos con los resultados obtenidos ya sea analíticamente como por computadora.

V.4. Fabricación del Modelo.

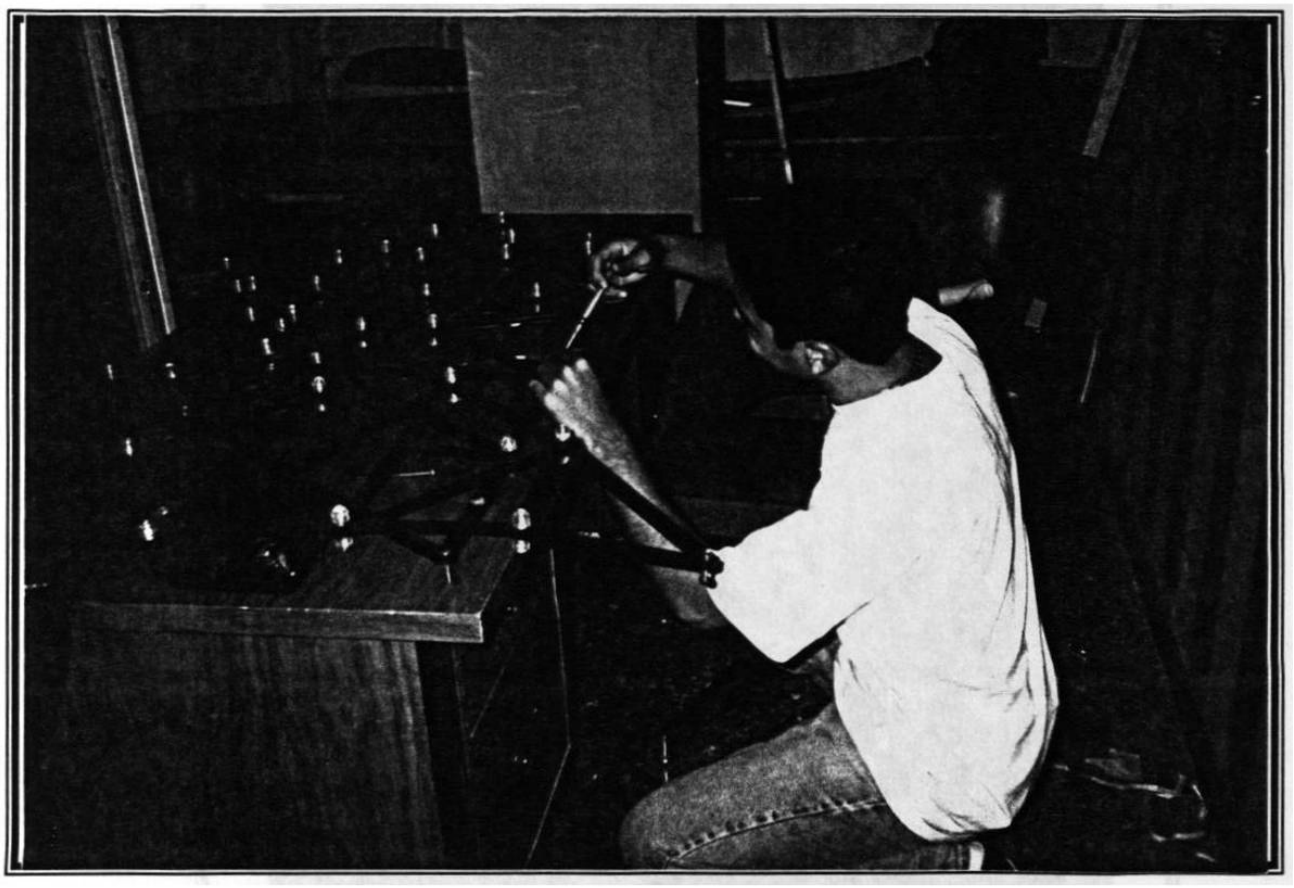
En el apartado anterior se mencionó todo lo referente a la conceptualización del modelo que nos sirve de introducción para el presente apartado.

En el proceso de fabricación se pueden considerar dos etapas: la primera la hechura del marco como parte accidental y la segunda la conexión de los elementos de las armaduras y la última la instrumentación con strain gages de las mismas, como parte substancial del conjunto.

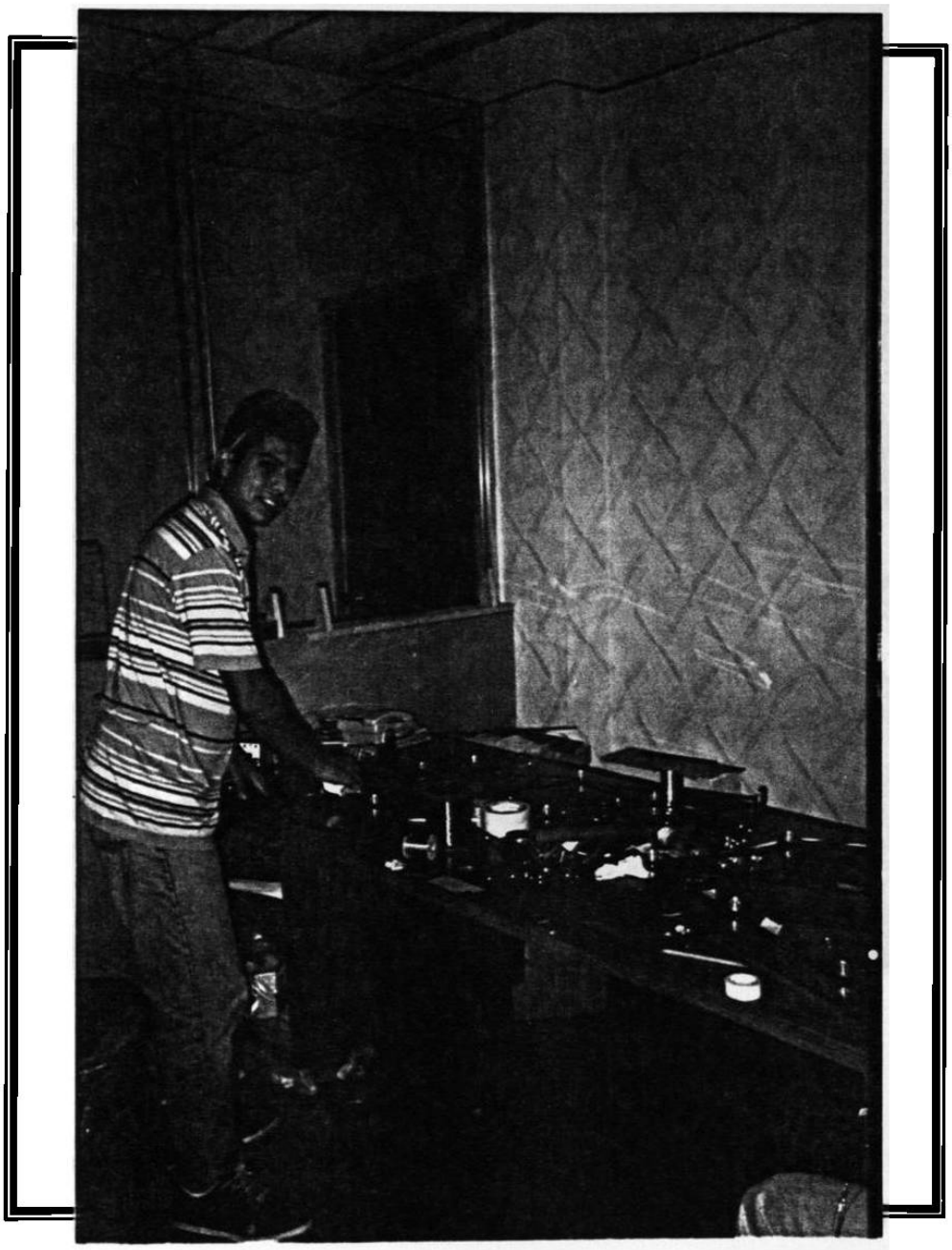
A continuación se presentan algunas imágenes que muestran algunos pasos de dichas etapas.



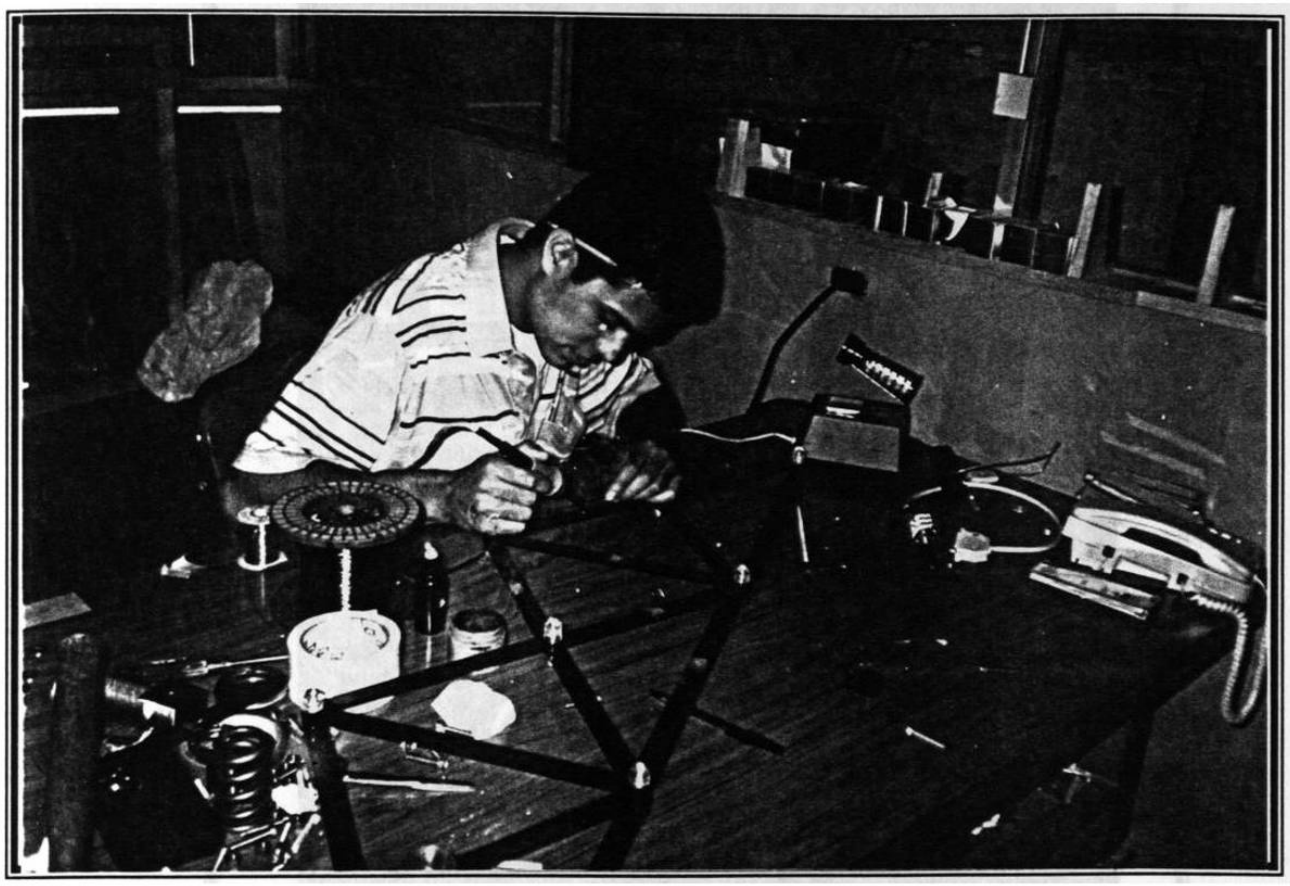
En esta foto se muestran los dos marcos de aluminio con sus respectivos cristales, entre ellos se observan algunas de las poleas por cuyas ranuras pasarán los hilos que sostendrán las pesas que cargará la armadura. En el momento de tomar la fotografía uno de los ayudantes estaba realizando los orificios por los cuales pasarán los tornillos que sostendrán los apoyos de las armaduras.



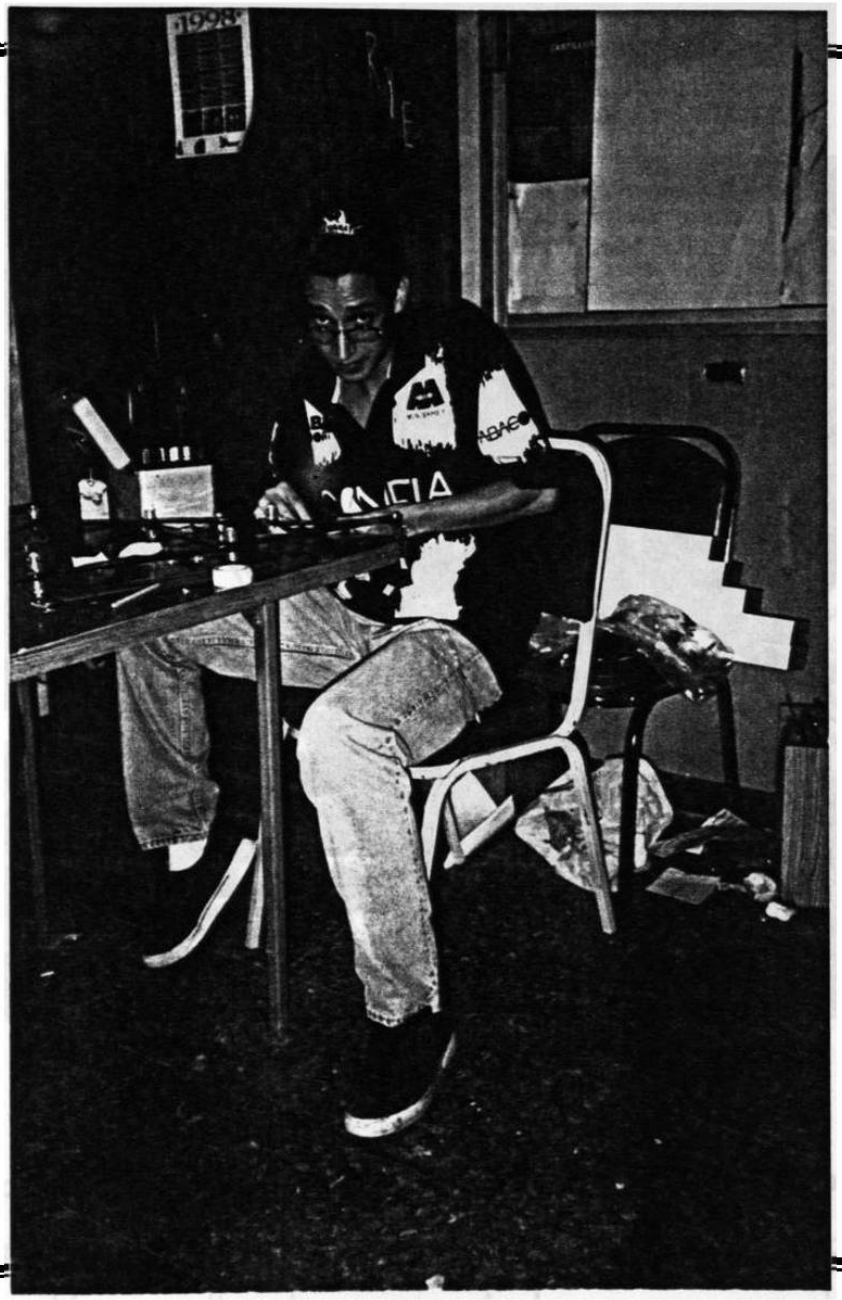
La fotografía muestra la aplicación del pegamento para acrílico en uno de los nodos de la armadura. Esta se realizó mediante jeringas para facilitar dichos proceso.



Esta fotografía muestra la limpieza realizada a un strain gage con el fin de quitar las impurezas que puedan afectar las lecturas dadas por el mismo, lo que provocaría un error en la medición.

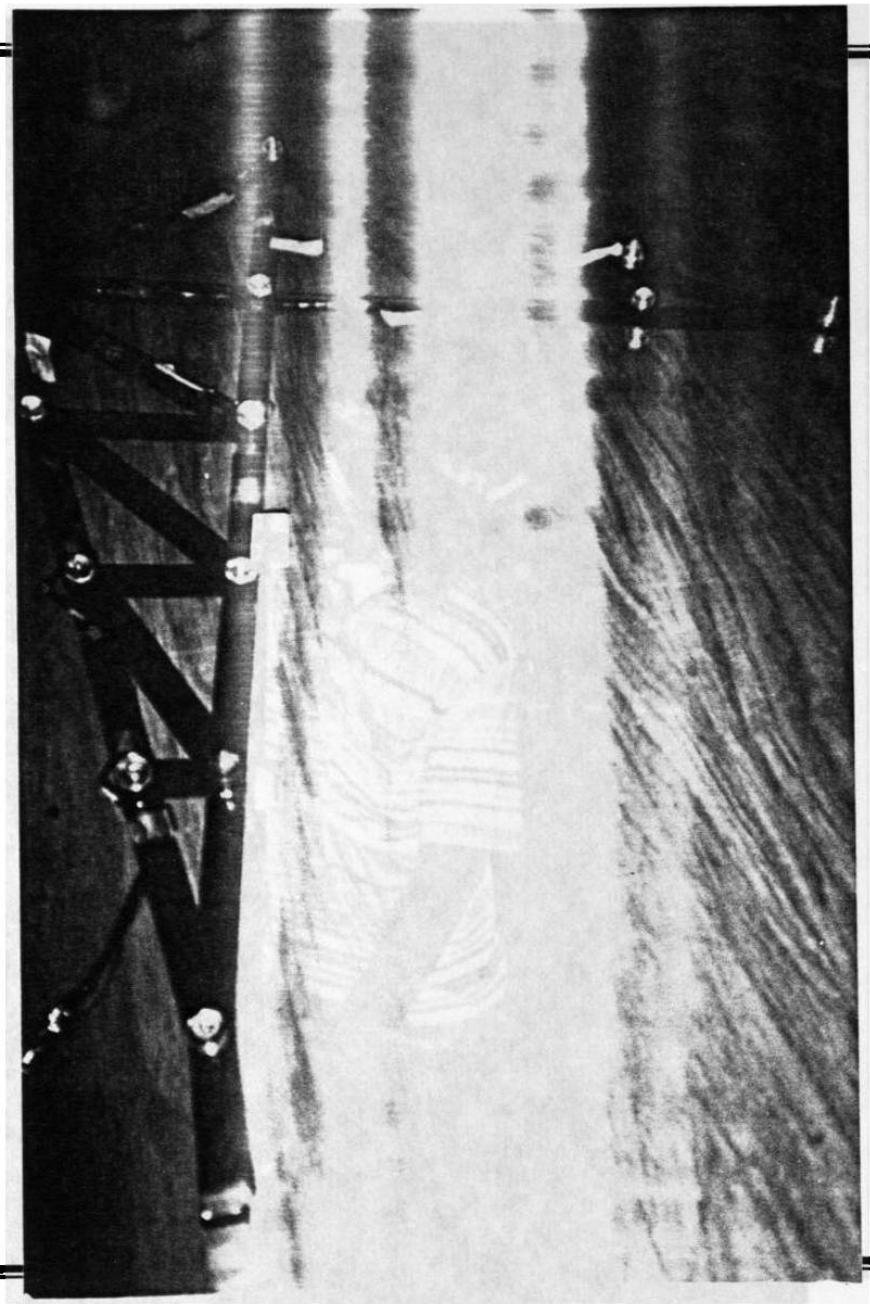


En esta fotografía se muestra la realización de la soldadura final para conectar los cables que van del strain gages a la canaleta y de la canaleta al puente de Winstone que finalmente nos dará la lectura.

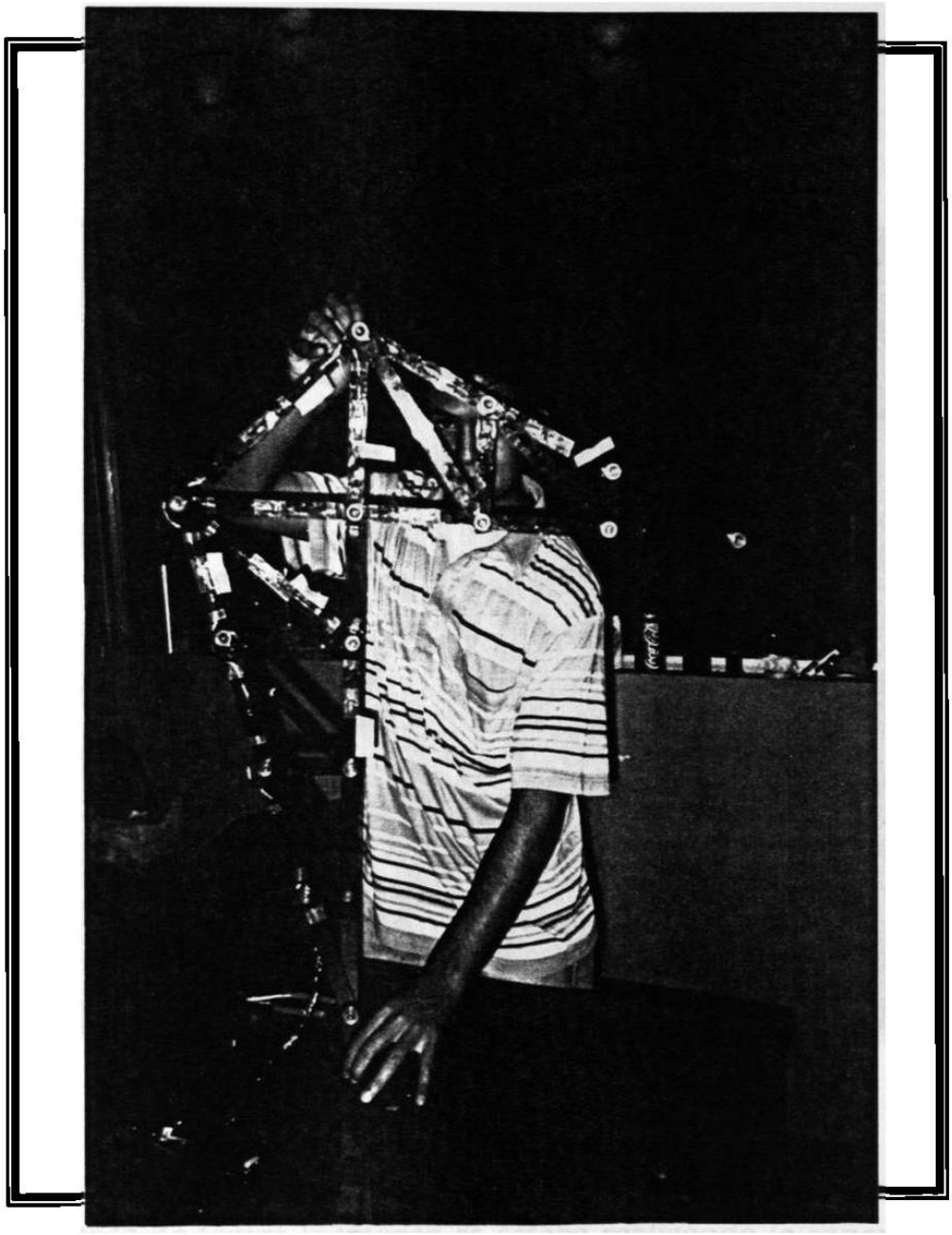


Aquí se muestra la revisión de la instalación del strain gage que se tiene que realizar en todas y cada una de las conexiones. La caja abierta con botones es el probador en el que van conectados los cables soldados del strain gage. Para que la instalación se considere adecuada, el error máximo es de 5%.

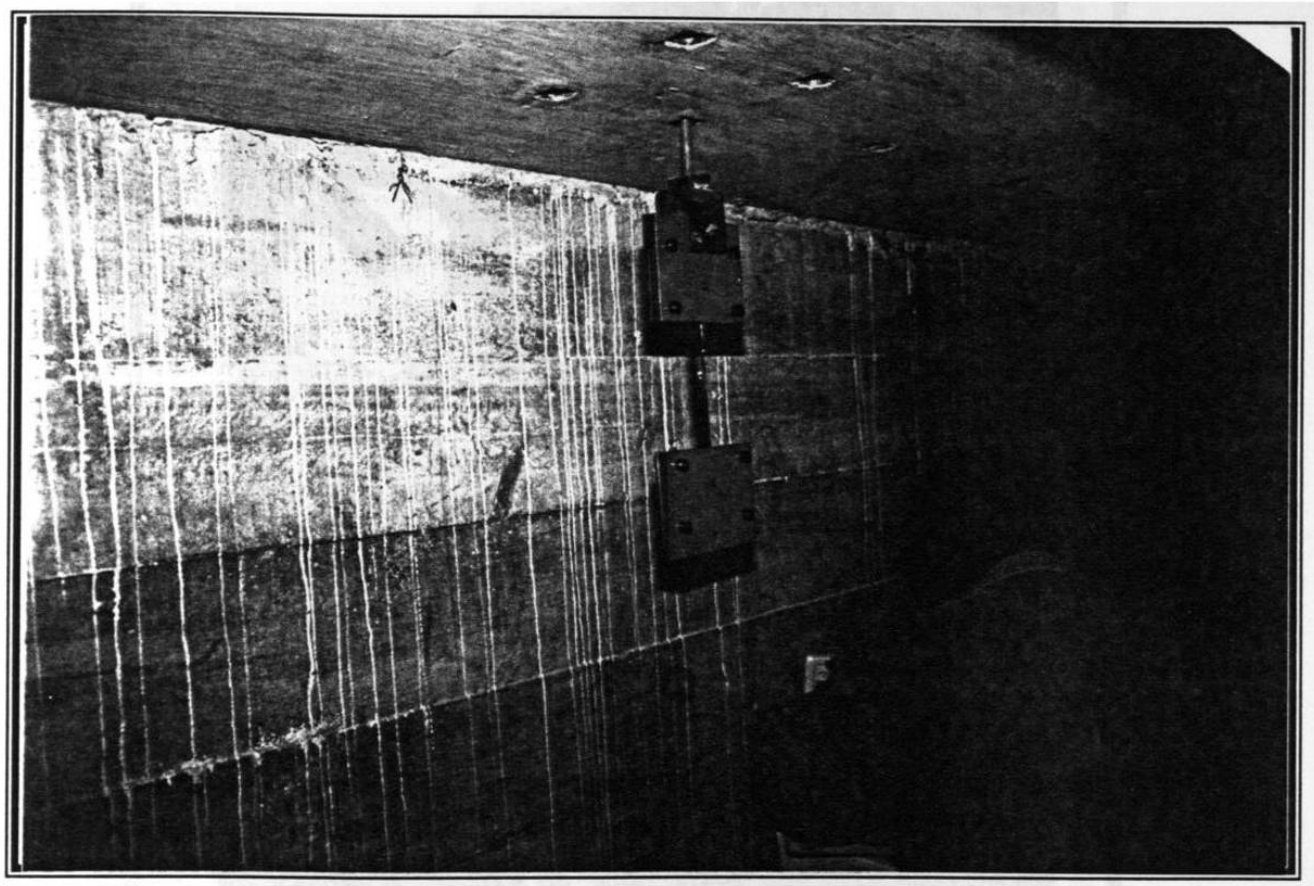
Una vez pasada la prueba, se realiza la adhesión de los cables a los elementos de las armaduras cuya finalidad es la de evitar que dichos cables estén por donde les plazca. Los cables son llevados a uno de los apoyos por el cual se conectarán a la canaleta.



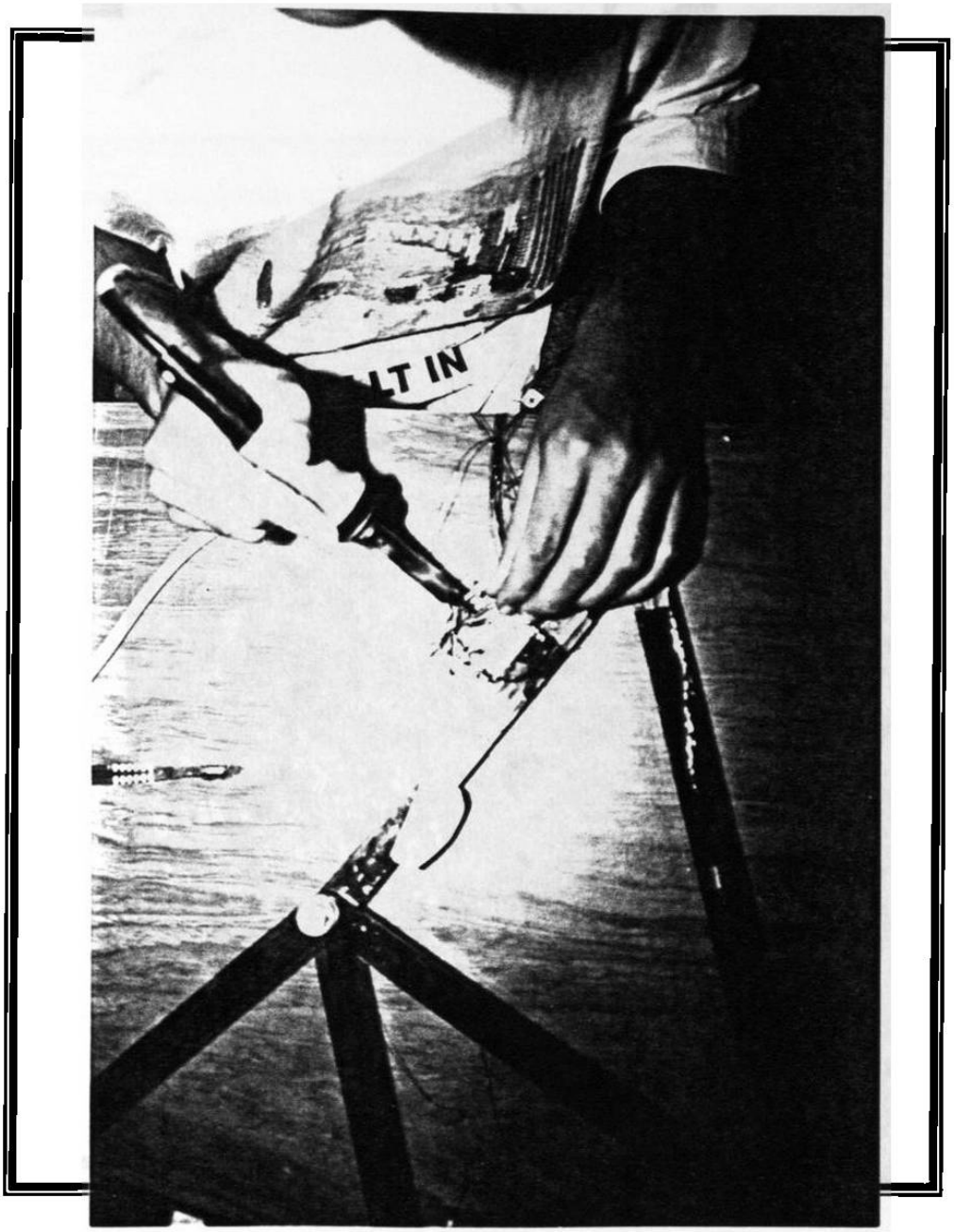
Aquí se muestra una de las ar· adu ta nente terminada, con sus respectivos apoyos.



En esta imagen se muestra la misma armadura anterior mostrándose tal y como se vería dentro de los marcos de aluminio.



En el momento de tomar la imagen se estaba realizando la conexión final de los cables del strain gage al Puente de Winstone que nos dará las lecturas.



En esta fotografía se aprecia la soldadura de los cables que vienen del strain gage con los que llevarán la señal a la canaleta.