

3
2 y'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Pedagogía

MÓDELO DIDACTICO PARA LA ELABORACION DE MATERIAL DE ENSEÑANZA ABIERTA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM



N° B°
M. E. G.

FACULTAD DE FILOSOFIA
Y LETRAS
COLEGIO DE PEDAGOGIA
COORDINACION

Que para obtener el Título de
Licenciada en Pedagogía
Presenta

MARIA EUGENIA BAEZA SANGHEZ

OFICINA DE

SET. 30 1985

México, D. F.

1985

*N. B.
B. de la Cruz*



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Problemática de la Materia "Diseño de -- Elementos de Máquinas"	9
1.3.	Materiales que Precedieron al de "Diseño de Elementos de Máquinas"	14
2.	MARCO TEORICO	20
2.1.	Hacia un Concepto de Educación	21
2.2.	Educación Permanente	25
2.2.1.	Educación formal	30
2.2.2.	Educación no formal	32
2.3.	Educación Abierta	35
2.3.1.	Características de los sistemas abiertos de enseñanza	37
2.3.2.	Los materiales didácticos en -- los sistemas abiertos de ense-- ñanza	40
2.4.	Sistemática Educativa	46
2.4.1.	Teoría del aprendizaje	48
2.4.2.	Teoría de la enseñanza	53
3.	EL MODELO DIDACTICO DEL MATERIAL DE ENSEÑANZA ABIERTA DE LA MATERIA "DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS"	63
3.1.	El Modelo Didáctico y su Estructura	64

3.2.	La Unidad y sus Elementos	71
3.2.1.	Cuadro de términos, conceptos y principios	74
3.2.2.	Objetivo general	75
3.2.3.	Introducción	77
3.2.4.	Módulo de información	77
3.2.4.1.	Objetivos específicos	80
3.2.4.2.	Cuadro sinóptico	82
3.2.4.3.	Ideas guía o indicadores específicos. Figuras. Gráficas. Ecuaciones. Tablas	82
3.2.4.4.	Ejemplos de aplicación	84
3.2.4.5.	Cuestionario de autoevaluación	85
3.2.5.	Solución de los cuestionarios de autoevaluación	87
3.2.6.	Bibliografía general	88
4.	CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	92
	BIBLIOGRAFIA	105
5.	APENDICE	109

INTRODUCCION

Esta tesis es el producto de la inquietud por buscar la fundamentación teórico-pedagógica, de la metodología seguida en la realización de un trabajo práctico que consistió en la elaboración de material didáctico para la asignatura "Diseño de Elementos de Máquinas" de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Dicho trabajo se hizo en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con la coparticipación del Sistema Universidad Abierta de la misma Institución por mi conducto.

La primera parte de la tesis está dedicada a ubicar el problema mediante la descripción de la situación que originó la toma de decisión en lo referente a la necesidad de elaborar material de estudio para enseñanza abierta y de esa manera procurar elevar el índice en la eficiencia terminal.

En el segundo capítulo se postulan los fundamentos teóricos que respaldan la parte esencial del trabajo. Se hace una breve reseña sobre lo que se entiende por Educación en toda su amplitud, delimitándola hasta llegar a la enseñanza abierta y a la importancia que dentro de ésta tienen los materiales didácticos, y cómo, para su mejor funcionamiento -

siguen un modelo didáctico que se apoya en teorías del aprendizaje y la instrucción.

En el tercer apartado se presenta el modelo didáctico del material de Diseño de Elementos de Máquinas, considerando su estructura y componentes y también las relaciones entre éstos. Se describen asimismo cada uno de los elementos metodológicos utilizados y el porqué de su inclusión, así como la relevancia que cada uno tiene dentro de las unidades y módulos.

Finalmente se presentan las conclusiones derivadas de lo planteado, y las propuestas que se consideraron más necesarias para mejorar el material. También aparecen las fuentes de información y por último se anexa el apéndice, el cual contiene únicamente una unidad, con la finalidad de que se pueda consultar y encontrar en ella todos los elementos referidos en el trabajo. Sin embargo aunque la unidad elegida consta de dos módulos de información sólo se puso uno, por razones de espacio, ya que la obra completa consta de 27, correspondientes a 7 unidades pero por la homogeneidad que guardan éstas en cuanto a su estructuración, es posible encontrar en una sola todos los componentes del modelo.

El alcance de esta tesis no se centra únicamente en -

haber dado la fundamentación teórica al trabajo realizado, -- sino que representa, además, el respaldo a la obra "Diseño de Elementos de Máquinas", de por sí valiosa dentro del campo de la Ingeniería, obra que significó una ardua labor para las -- personas que intervenimos directamente en su ejecución. Y -- lo más importante es su carácter práctico de aplicación, ya -- que es susceptible de adaptarse a cualquier otra materia, res-- petando el modelo o bien adecuándolo a las exigencias de la -- misma.

Para terminar, quiero agradecer a todas aquellas per-- sonas de la Facultad de Ingeniería y del Sistema Universidad-- Abierta de la UNAM, que con su trabajo y afecto me apoyaron, -- y muy especialmente a la Lic. Rocío de la Torre Aceves, por -- sus valiosos consejos y su atinada dirección en la realiza-- ción de esta tesis, pero sobre todo por su amistad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

La educación superior en México que por muchos años - fue privilegio de unos cuantos, se ha transformado en necesidad y aspiración de muchos. Son diversos los beneficios y - variadas las causas por las que se ha multiplicado el número de mexicanos que desean ingresar a las instituciones de educación superior y obtener un título profesional. Sin embargo, esa continua y creciente demanda ha ocasionado grandes problemas que están íntimamente relacionados con las formas y modalidades que ha tomado el desarrollo de nuestro país y puede - decirse que no hay aspectos de la educación superior que no - estén siendo cuestionados.

Se ha reconocido que los recursos disponibles son - - insuficientes para preservar y mejorar la calidad de la enseñanza superior en continuo proceso de crecimiento, se han - - analizado y confrontado ideas sobre la organización y financiamiento de las instituciones que conforman el sistema, que en su mayor parte han seguido una política de puertas abiertas, incorporando a él personas y sectores hasta antes marginados. También se han discutido reglamentos, planes de estudio y métodos de enseñanza y se ha reflexionado sobre el papel de las Universidades e Institutos Tecnológicos en la - - acción política organizada.

La Universidad Nacional Autónoma de México ha reconocido que no obstante estar segura de haber cumplido con su cometido, lo ha hecho con algunas insuficiencias y con problemas derivados de su funcionamiento y creciente complejidad, por lo que en un esfuerzo por fortalecer su autonomía, con una actitud crítica y una voluntad transformadora, ha emprendido el camino para llevar a cabo una serie de estrategias en los terrenos académico y administrativo que le permitan atender las exigencias de la sociedad de la cual forma parte.

En una investigación realizada por la Universidad Nacional Autónoma de México,^{1/} se señala como uno de los principales problemas, la deficiencia en la formación previa de los estudiantes y en los hábitos de estudio, así como su incapacidad para desarrollar en su provecho y por iniciativa propia, procesos complementarios a la enseñanza formal en las aulas, lo que provoca irregularidad en el aprendizaje, abandono temporal o definitivo de los cursos, la no acreditación de asignaturas obligatorias, principalmente las relacionadas con ciencias exactas, procedimientos formales y razonamientos matemáticos, por lo que algunas facultades han diseñado diversos mecanismos para modernizar los métodos de enseñanza y facilitar así la acreditación de materias fundamenta

1/ Evaluación y marco de referencia para los cambios académico administrativos. UNAM. 1984.

les, con el propósito de incrementar el número de alumnos que terminan sus estudios y promover su pronta titulación.

Ciertamente los problemas de la deserción escolar y de eficiencia terminal existen en la Universidad Nacional; sin embargo no son privativos de ella, sino que hablan de un fenómeno que representa en parte la situación de todas las instituciones de educación superior tanto públicas como privadas y que se manifiesta con mayor intensidad en algunas instituciones de provincia. Entre los motivos que inciden con mayor frecuencia están los inherentes a las propias instituciones, no obstante no deben olvidarse aquéllos que tienen su origen en causas externas. Las causas internas son las deficiencias académicas, la no acreditación de materias fundamentales de los planes de estudio, exceso de trámites escolares y obstáculos relacionados con la preparación de tesis y exámenes profesionales. Las causas de carácter externo, son aquellas que provienen del propio sistema político, económico y social del país, como es el hecho de la aceptación de incorporación al trabajo sin que el contratado sea titulado, es decir sin que cuente con una cédula que lo acredite como profesional. Otra razón es que un trabajo, por lo general, requiere de un lugar y horario fijos, lo que limita la disposición del estudiante sobre todo si se considera la distancia entre los centros laborales y los de estudio y desde luego el

costo de la transportación. Estos motivos, entre otros, le -- impiden al alumno continuar "normalmente" sus estudios y cursar presencialmente las asignaturas que tiene pendientes, ya que se encuentra participando activamente en el sistema productivo.

Entre las respuestas académicas y soluciones administrativas que hoy se plantea la Universidad Nacional Autónoma de México, está el establecer un programa de acciones que -- promueva mejoras sustanciales en materia de métodos pedagógicos, y en introducir sistemas de enseñanza apropiados para un gran número de estudiantes, con apoyos modernos, para que sin demerito de la calidad de la educación se incrementen los niveles de titulación de los alumnos y de esa manera se logre -- mejorar la eficiencia terminal.

Cabe indicar que a pesar de la buena disposición de -- la Universidad Nacional Autónoma de México para lograr una -- renovación integral, en algunos casos la propia legislación -- universitaria limita al alumno; un ejemplo de ello es el de -- muchos universitarios que han perdido el derecho de inscripción normal, es decir que ya están afectados por el Artículo 19 del Reglamento General de Inscripciones de la Legislación Universitaria.^{1/} Este Artículo condiciona el tiempo para --

1/ Artículo 19. Cap. VI. Reglamento General de Inscripciones
Legislación UNAM. p. 227 - 228

estar inscrito en el ciclo de licenciatura, a un 50% adicional a la duración señalada en el plan de estudios respectivo, considerado a partir del ingreso al ciclo correspondiente, -- aunque se interrumpan los estudios.

Los alumnos que no terminan sus estudios en los plazos señalados no tienen derecho a reinscripción y sólo pueden acreditar las materias faltantes por medio de exámenes extraordinarios y cuya presentación se restringe a sólo dos materias por semestre con la autorización del Secretario General de la Universidad, quien puede conceder un mayor número de -- exámenes extraordinarios, previo informe favorable de la dirección de la facultad o escuela. Además los alumnos que -- han interrumpido sus estudios se pueden reinscribir, en caso de que los plazos señalados no hubieran concluido, pero tendrán que sujetarse al plan de estudios vigente y en caso de -- una interrupción mayor de tres años, deberán aprobar un examen global según lo establezca la facultad o escuela.

Las posibilidades que se brindan al alumno, no representan para todos una gran ayuda, ni constituyen una respuesta definitiva al problema, porque las más de las veces están desconectados de la Universidad, de los maestros y de los compañeros, además desconocen los cambios operados en los planes de estudio, y no sólo eso, sino que son considerados por la -

gran mayoría de los profesores como alumnos "anormales" que los distraen de sus actividades docentes o de investigación y no les prestan la ayuda que necesitan, alejándolos de los estudios y cerrándoles las puertas a la titulación.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional-Autónoma de México, no ha escapado a la problemática descrita, informes recabados en los últimos años, manifiestan que 25,000 alumnos no terminaron sus estudios y ya no tienen derecho a la inscripción como estudiantes regulares.^{1/}

Entre las principales causas de deserción y baja titulación, están las llamadas "materias cuello de botella", que generalmente tienen un índice de reprobación que va más allá del 50% y en ocasiones rebasa el 60%. Para aliviar el problema, las autoridades de dicha Facultad han tomado diferentes medidas: hacer cambios sustanciales en los planes de estudio, nivelar los conocimientos básicos de los estudiantes de nuevo ingreso y elaborar materiales de estudio y apoyos didácticos.

Existen en la Facultad de Ingeniería siete Divisiones: la de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, la de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, la de Ingeniería en Ciencias

1/ Cfr. De Buen, Odón. Mecanograma. DIME. Facultad de Ingeniería. UNAM.

de la Tierra, la de Ciencias Básicas, la de Ciencias Sociales y Humanidades, la de Estudios de Postgrado y la correspondiente a Educación Continua.

Cada una de las áreas ha elaborado materiales de estudio que se han ajustado a sus propias necesidades y características, razón por la que existen diferencias entre los que se han preparado en una y otra División, como presentación, épocas en que se han realizado y estructuración didáctica, entre otras. Aunque existen algunos materiales preparados para favorecer el autodidactismo, como es el caso de las Divisiones de Ciencias Básicas y Educación Continua, la mayor parte de ellos, fueron producidos por los profesores de la Facultad y reciben el nombre de "apuntes", son utilizados como apoyo a las materias que conforman el plan de estudios, los adquieren los alumnos que asisten regularmente a la escuela y constituyen un complemento a la cátedra del maestro. Estos apuntes son vendidos a los alumnos a bajo costo en la propia Facultad.

Ante la imperiosa necesidad de allanar el camino a muchos estudiantes y dar una respuesta institucional al problema, la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica consideró como alternativa utilizar la metodología del sistema de enseñanza abierta, apoyada en el aprendizaje independiente

para superar los obstáculos que afectan a los alumnos que han perdido el derecho de inscripción normal y que por lo tanto no pueden concluir sus estudios y mucho menos titularse.

Para analizar dicho problema y la forma de adaptar la metodología antes citada, los directivos de la División de -- Ingeniería Mecánica y Eléctrica, se reunieron con los maestros de los diferentes departamentos que la componen y que -- más tarde fueron los responsables directos de la elaboración del contenido de los materiales didácticos. Desde un principio se solicitó a la Unidad de Apoyo Editorial de la propia Facultad, gestionara la cooperación del personal de la Unidad de Asesoría Pedagógica de la Coordinación del Sistema Universidad Abierta (SUA) de la UNAM, con el fin de que se hiciera responsable de la estructuración didáctica y de la presentación de los mismos. Cabe indicar que la idea original era que el Sistema Universidad Abierta participara además en lo referente a la publicación del material didáctico, las asesorías, la evaluación del aprendizaje y el seguimiento de los alumnos; sin embargo en los tres últimos puntos no intervino.

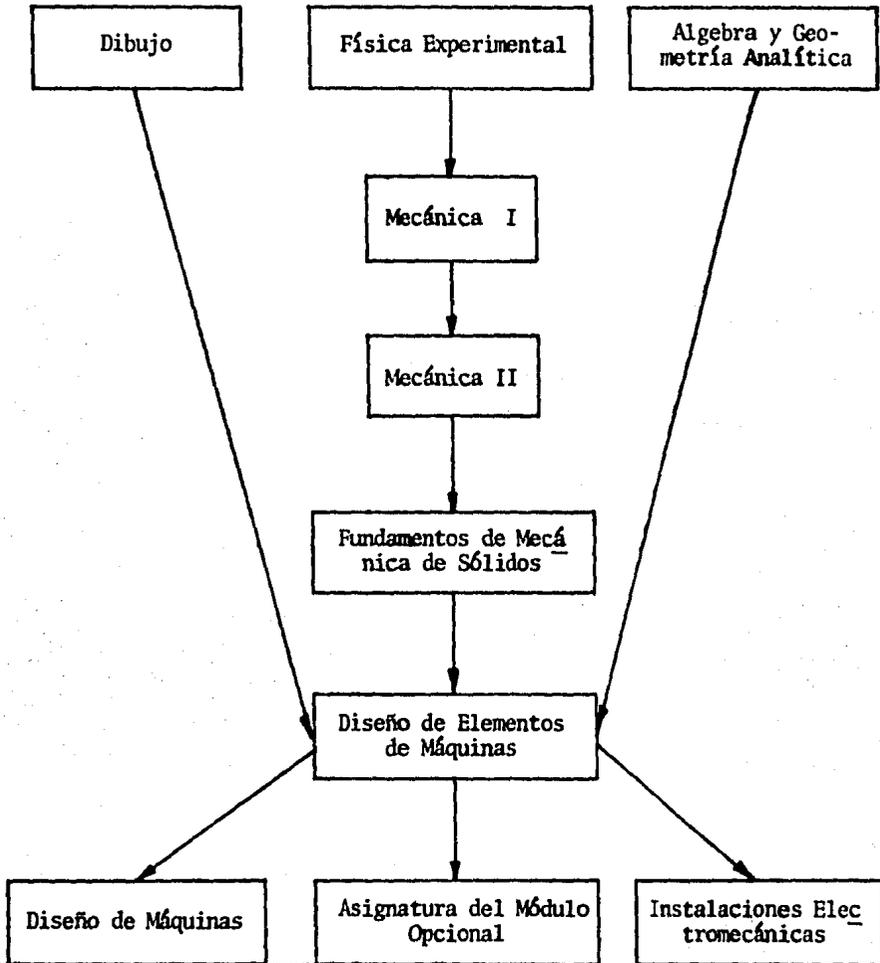
1.2. PROBLEMATICA DE LA MATERIA "DISERO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS"

Para analizar el material de autoenseñanza elaborado-

para la asignatura de Diseño de Elementos de Máquinas, objetivo central de este trabajo, se describen a continuación los propósitos de dicha materia y su relación con el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

La materia Diseño de Elementos de Máquinas (DEM), pertenece directamente al área de Ingeniería Mecánica, dicha materia es la primera que emplea los conocimientos teóricos que el alumno ha adquirido hasta ese momento, para dar dimensiones y propiedades a los elementos de máquinas con un énfasis meramente práctico.

Dentro del plan de estudios esta materia se encuentra ubicada de la siguiente manera:



(Sólo están consideradas las materias con las que Diseño de Elementos de Máquinas tiene relación, ya sea directa o indirecta).

Los antecedentes directos de la materia Diseño de - -
Elementos de Máquinas, son Dibujo y Fundamento de Mecánica de
Sólidos y sus antecedentes indirectos son Algebra, Física - -
Experimental, Mecánica I y Mecánica II.

La seriación de las materias sólo constituye una - -
guía, pues el alumno no está obligado a seguirla, pudiendo --
elegir libremente las materias a cursar cada semestre, aunque
se le sugiere seguir una secuencia lógica que le permita una-
mayor posibilidad de acreditación.

Las materias consecuentes a la de Diseño de Elementos
de Máquinas, son: Diseño de Máquinas, Instalaciones Electro-
mecánicas, que son obligatorias y una asignatura del módulo -
opcional como por ejemplo Diseño Optimo.

La asignatura Diseño de Elementos de Máquinas, se cur
sa en el 5o. semestre de la carrera y es de carácter obligator
rio, los alumnos que se inscriben a ella, como ya se dijo - -
antes, no tienen que cumplir con prerrequisitos.

El material de estudio elaborado para Diseño de Ele--
mentos de Máquinas tiene, entre otras, la cualidad de ser el-
primer texto de autoenseñanza escrito en español que por sus-
características representa grandes ventajas para el estudian-

te. Sólo existe como antecedente que podría decirse similar, un libro editado por Mc. Graw Hill en Estados Unidos de Norteamérica, en el año de 1974, llamado Mechanism, Synthesis and Analysis, de Atmaram H. Soni.

Una de las principales ventajas que representa para el alumno el material de estudio es que está diseñado y organizado didácticamente para favorecer el autodidactismo, lo que le permite seguir la secuencia del contenido de la materia, sin necesidad de asistir regularmente a clase. Esto reviste gran importancia para él, ya que cuando no puede concurrir a la escuela, se enfrenta a las dificultades derivadas de su inasistencia. El estudiante en muchas ocasiones por falta de tiempo y orientación no puede recuperar las clases perdidas y opta por dejar la materia y "salvar" aquellas en las que sí ha llevado un buen ritmo de estudio, así va dejando asignaturas pendientes hasta que deserta de ellas y "debe" ya tantas que su titulación se aleja cada vez más.

La obra de Diseño de Elementos de Máquinas, hace énfasis en el aspecto del cálculo de las dimensiones que un elemento de máquina debe tener para operar adecuadamente durante su vida útil. Sin embargo, no se descarta el aspecto creativo, puesto que debe concebirse antes de ser calculado, e implica la aplicación de criterios y juicios basados en el

conocimiento del fenómeno que representa, así como en la experiencia.

1.3. MATERIALES QUE PRECEDIERON AL DE "DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS"

Es la primera vez que se realiza material de apoyo -- para Diseño de Elementos de Máquinas en la Facultad de Ingeniería, por tal motivo no existen antecedentes y mucho menos material para autoenseñanza en dicha asignatura, por lo que a continuación se hace referencia a algunas experiencias sólo - que referentes a materiales de otra División.

Hace algunos años el Sistema Universidad Abierta y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, hicieron algunos materiales en asignaturas pertenecientes a diversas áreas. Por ser estas publicaciones las - únicas semejantes al tipo de trabajo que en el presente se -- lleva a cabo en la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, seguidamente se hace una breve descripción de la estructura didáctica de los materiales de tres asignaturas correspondientes a la División de Ciencias Básicas.

Las materias a que se hace referencia son: Dibujo, - Algebra y Mecánica, se eligieron estas tres por ser las que -

preceden a la de Diseño de Elementos de Máquinas en el plan de estudios, y por lo mismo tienen una mayor vinculación con ella. Desgraciadamente por falta de información se desconoce cuál fue el apoyo del Sistema Abierto y cuál la participación de la Facultad. Tampoco se conoce el año de su publicación, ni los autores y no se sabe cuál fue el tiraje ni a cargo de quién estuvo la organización didáctica. Sin embargo se podría pensar que como en el caso que nos ocupa, cada materia la trabajó un ingeniero como autor del contenido y un pedagogo como responsable de la estructuración.

A este material le llamaron guía de estudio, pero presenta una serie de fallas porque sus componentes son escasos y no existe por lo general una congruencia entre los objetivos, el contenido y los cuestionarios de autoevaluación. -- Contiene una hoja por unidad llamada "guía de estudio"; en -- ella aparecen los temas de la unidad en la primera columna, -- en la segunda están los objetivos, y en la última las actividades a desempeñar, consistentes en hacer lecturas, ese es el caso de los materiales de Mecánica, Algebra y Dibujo, aunque en los dos primeros casos las lecturas se realizan en otros libros y en el último se hacen en la misma guía; sin embargo las actividades no cumplen con su función, es decir destacar o bien rescatar lo importante de la lectura sugiriendo la -- aplicación de los conceptos a situaciones similares o diferen

tes, sino que sólo indican la página que se debe leer, sin --
hacer más observaciones.

Los objetivos utilizan verbos de acción tales como --
expondrá, identificará, clasificará, explicará, seleccionará,
escogerá, resolverá, etc., pero al llegar al cuestionario de-
autoevaluación, lo que se les solicita a los alumnos, poco --
tiene que ver con la serie de objetivos planteados, por lo --
tanto se puede concluir que dichos materiales siguen la línea
conductista, pero ni dentro de esta misma aproximación cum- -
plen suficientemente para lograr el aprendizaje, por la pro- -
breza de su organización y contenido.

- Estructuración de la guía de estudio:

- . objetivo general del curso
- . resumen del curso (breve introducción)
- . programa del curso
- . bibliografía

Por Unidad:

- . hoja de contenido: temas, objetivos y activida
des de lectura
- . Cuestionario de autoevaluación (no tiene res- -
puestas, excepto el de Mecánica)
- . Ejercicios propuestos (no tienen respuesta y en-
ningún caso se enseña el procedimiento para la-
solución)

En el año de 1982 la Unidad de Apoyo Editorial de la Facultad de Ingeniería elaboró los materiales que la División de Ciencias Básicas utiliza desde entonces para nivelar los conocimientos de los alumnos de nuevo ingreso, estos materiales fueron realizados por ingenieros de la propia División, se hizo un tiraje de 4000 por materia y la adaptación pedagógica estuvo a cargo del personal de la mencionada Unidad.

Estos materiales presentan una organización lógica y son congruentes, ya que sus contenidos y evaluaciones se apegan a lo planteado en los objetivos, a continuación se hace la relación de los elementos didácticos que constituyen los cuadernos.

- Estructuración de los fascículos de la División de Ciencias Básicas

Cada Unidad contiene:

- . objetivo general
- . breve introducción
- . cuadro sinóptico
- . objetivos específicos
- . contenido (en él aparecen también ejemplos con soluciones, que permiten al alumno darse cuenta del procedimiento para su solución y utilizarlo más adelante en el cuestionario de autoevalua--

ción donde se le presentan problemas semejantes)

- . reactivos y problemas (en el material de Mecánica)
- . ejercicios propuestos (en el material de Álgebra)

Al término de todas las unidades, los fascículos contienen:

- . examen global de autoevaluación
- . soluciones al examen de autoevaluación y a los reactivos y problemas
- . bibliografía general

Los materiales de Dibujo difieren un poco, porque se componen de:

- . objetivos específicos
- . contenido

Por último, hay que mencionar que los materiales de autoenseñanza para las otras materias que como Diseño de Elementos de Máquinas fueron elegidas en la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, se elaboraron casi con la misma - -

organización que la utilizada en la División de Ciencias Básicas, porque la Unidad de Apoyo Editorial de la Facultad, seguramente quiso dar uniformidad a la presentación del material de todas las asignaturas y porque como ya se mencionó con anterioridad, se basaron en la experiencia adquirida en la realización de los materiales editados para los alumnos de nuevo ingreso.

Los materiales de la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, se han producido desde 1983 a la fecha, los autores son profesores de la propia División, el tiraje ha sido de 1000 volúmenes por materia y la adaptación pedagógica, en el caso de la materia de Diseño de Elementos de Máquinas como en dos asignaturas más, estuvo a cargo de pedagogos de la Coordinación del Sistema Universidad Abierta.

2. MARCO TEORICO

2.1. HACIA UN CONCEPTO DE EDUCACION

Para poder llegar a una concepción de educación, es necesario vincularla con el hombre, porque de otra manera no tendría sentido, es por eso que se recurre a la noción de naturaleza humana y a su relación con la educación.

El hombre tiene una doble naturaleza de origen: la animal o natural y la social o histórica, a la primera corresponde el sistema de necesidades y de funciones biológicas que como cualquier ser viviente tiene y a la segunda corresponden aquellas funciones nuevas y propias de la vida en sociedad -- que se desarrollan sobre dichos sistemas y que en su conjunto la caracterizan como especie humana.

Al nacer, el hombre no tiene ni fuerza física ni ideas innatas, -decía Itard- "el hombre solamente es lo que se le hace ser" ^{1/}

Esa situación que al principio es razón de la debilidad e incapacidad del hombre, a diferencia de los otros animales, es precisamente la que posibilita la existencia de capacidades que pueden desarrollarse gracias a la educación.

1/ Merani, Alberto. Naturaleza Humana y Educación. p. 62

La naturaleza en el animal está dada y por lo mismo - éste es igual en todo momento y circunstancia, no así el hombre, ya que su naturaleza adquirida le permite una existencia libre y creadora, por lo que "el hombre ha sido, es y será - aquello que la acción de circunstancias culturales moldea"^{1/}

Esas circunstancias diversifican al hombre en el espacio y el tiempo y hacen la historicidad de la naturaleza humana, es decir, que ésta se construye. El hombre se autoconstruye con los estímulos que recibe de la sociedad y las situaciones de la vida que realiza en conjunto con otros hombres.

Es importante señalar entonces, que como especie la naturaleza humana es animal, pero que por su lucha con el medio ambiente, por su pertenencia a una sociedad determinada - considerando el trabajo que desarrolla en ella y por la educación que recibe, circunstancias todas que lo estructuran y -- modifican como persona, se da su historicidad. Por lo tanto, si se considera que la naturaleza humana no sólo es producto de la evolución biológica, sino también de los cambios históricos, su construcción será una auto-construcción y en este sentido debe decirse que la educación no la produce sino que proporciona el ambiente para que esa auto-formación no se - - desvirtúe y para que la naturaleza del ser que se educa co -

^{1/} Ibid.

responda a sucesos verdaderamente humanos y no alienantes.

A partir de este concepto de naturaleza humana, la educación juega un papel existencial importantísimo: el de estructurar integralmente a un ser, ya que sin ella, éste no pasaría de ser una abstracción. Entendiendo educación no como el proceso que sigue un individuo dentro de una institución escolar, proceso que puede llegar a ser alienante, sino a la acción permanente que el medio social ejerce sobre él para que estructure su vida y su visión del mundo conforme a los valores y fines de su entorno. Corresponde también a la educación apoyar y estimular al educando dentro de una dinámica crítica y creativa que le permita transformar esos fines y valores, ya que mediante su propia experiencia estaría viviendo la realidad de su naturaleza histórica y tendría la responsabilidad de los pensamientos y actos que orientan y conforman su vida y que lo llevarían al encuentro de la libertad.

Se ha visto pues, que a través de la historia, la educación ha constituido el proceso fundamental mediante el cual el hombre adquiere los conocimientos, aptitudes y destrezas que le permiten responder a las necesidades que le plantea su medio y a la vez incidir en él para transformarlo.

Por tal motivo educar no sólo es formar al individuo-

para que pueda incorporarse y desenvolverse en una sociedad, -
es decir adaptarlo, sino que se trata de proporcionarle las -
herramientas intelectuales y aquellos valores que le sean - -
necesarios para proseguir con su educación.

La educación es entonces un fenómeno social, por lo -
que no puede definirse ni comprenderse sin reconocer su conec-
ción con el sistema de relaciones sociales del cual forma par-
te articulada y constituyente. De ello depende que toda - -
organización social haya desarrollado su propia manera de edu-
car a los individuos y de prepararlos para participar en la -
producción y en la vida social. Asimismo, se debe pensar en
la formación de un nuevo hombre por medio de la educación - -
creadora que rebase los mitos de la eficacia y de la tecnocra-
cia y que permita la realización plena del ser.

Se podría concluir con la siguiente concepción de - -
educación que engloba lo hasta aquí dicho, además de que abre
el camino hacia el siguiente punto.

"La educación desde luego, no es algo que se le haga -
a alguien o, de hecho, que se le de a alguien. Es un proce-
so muy completo en el que un individuo actúa recíprocamente -
con diversos aspectos de su ambiente en muchos modos diferen-
tes para poder aprender y comprender ese ambiente y para - -

poder ayudar a moldearlo y a desarrollarse en lo personal para beneficio perdurable suyo propio y del resto de la humanidad. De manera similar, la educación no debe ser considerada como algo por lo que uno pasa durante un período específico de su vida temprana. Es una parte permanente de la vida-consciente de uno" ^{1/}

2.2. EDUCACION PERMANENTE

Las condiciones de vida cada vez más difíciles y cambiantes hicieron que en los años 60 se planteara la necesidad de hacer un análisis de la educación, con el fin de establecer un marco teórico. Lo que es explicable si se considera que el mercado de trabajo a nivel profesional no captaba ni - capta a todos los egresados del sistema escolar formal y por la creciente imposibilidad de hacer llegar la escolaridad a - la totalidad de la población.

La UNESCO se dió a la tarea de redefinir la educación, considerándola como un proceso que perdura a lo largo de la - vida de cada individuo. El argumento de que la capacidad de aprender permanece en el ser humano durante toda la vida, significa un gran avance, ya que el adulto es considerado por -- primera vez como un educando.

^{1/} Neil, Michael. "Universidad Abierta". Conferencia sobre innovaciones educativas. en, Docencia No. 3, p. 26.

En el Informe que la Comisión Internacional sobre el Desarrollo de la Educación, presidida por Edgar Faure, envió a la UNESCO en 1972, se postuló que el hombre tiene derecho a realizarse plenamente y a participar en la construcción de su propio porvenir y que debe ser considerado en todos los órdenes de su vida, es decir como: individuo, miembro de una familia y de una colectividad, ciudadano, productor, inventor de técnicas y creador de sueños y que la educación para formar a este hombre completo . . . sólo puede ser global y permanente. Y agrega "ya no se trata de adquirir, aisladamente, conocimientos definitivos, sino de prepararse para elaborar a todo lo largo de la vida un saber en constante evolución y de aprender a ser"^{1/}

A pesar de que la consideración de la educación permanente como método que responde a exigencias emanadas de condiciones sociales actuales es reciente, la noción de continuidad en el proceso educativo no lo es, ya que de alguna manera ya sea consciente o inconscientemente, el ser humano no termina de instruirse y de formarse a lo largo de toda su vida, es decir, no se puede pensar en el hombre como un ser acabado, al contrario es por el aprendizaje constante, que puede lograr su realización como tal y no se habla de aprendizaje referido a un espacio y tiempo limitados, sino a aquel que se -

^{1/} Faure, Edgar. Aprender a ser. p. 17

realiza durante la vida y en el propio vivir, donde se conoce, se acciona, se evalúa y lo cotidiano junto con las nuevas - - experiencias enseñan cada día algo hasta entonces desconocido.

Debido a que la educación permanente ha respondido a diferentes necesidades, en un principio fue considerada como la práctica de la educación de adultos, es decir como - - instrucción, posteriormente este término se aplicó a la formación profesional continua con el fin de evitar la obsolescencia y en la actualidad es valorada como una filosofía de la - educación, ya que ha llegado a estimar no únicamente los - - aspectos intelectuales de la persona sino también los afectivos, sociales y hasta políticos, lo que denota que el hecho educativo se está tomando desde el punto de vista individual y social. Precisamente las exigencias sociales, las económicas y las culturales entre otras, han hecho que la educación-permanente ya no sólo sirva para perfeccionar o desarrollar - al individuo, sino que le ha permitido que con sus conocimientos contribuya y haga frente a las necesidades de su sociedad.

Por tal motivo la educación es apreciada en el presente como un proceso del ser. Es en este sentido en el que -- Faure no ve en la educación permanente la transmisión de un - contenido determinado, sino "un proceso del ser que, a través

de la diversidad de sus experiencias, aprende a expresarse, a comunicar, a interrogar al mundo y a devenir cada vez más "él mismo" ^{1/}

La educación permanente no puede aislar grupos del -- conjunto social para hacerlos beneficiarios exclusivos del -- creativo proceso de ser, bajo criterios de edad, sexo o clase social, ya que es la expresión de la relación que existe - - entre todas las formas, las manifestaciones y los momentos -- del acto educativo.

De la consideración de que la educación permanente -- implica una formación en la que no existe una separación - - entre el tiempo para aprender (niñez y juventud) y el tiempo para vivir de lo que se aprendió (adulthood y vejez), se des- - prende la necesidad de un replanteamiento en cuanto a programas y métodos pedagógicos. Para lograrlo hay que tener en - cuenta la necesidad de agregar contenidos nuevos a los ya - - existentes, para lo cual se hace indispensable la interdisciplinariedad pues se requiere de una visión global de la reali- dad que permita conocer las dimensiones sociales, políticas y económicas de los hechos, incluso el científico y la comprensión de los fenómenos sociales, cosa que no podría lograrse - si se considerara para ello una sola disciplina. La posibi-

^{1/} *Ibid.* p. 220

lidad de que el individuo incida en la transformación de la sociedad, está dada en la medida en que logre la comprensión total de los problemas y los ubique en su realidad, gracias a un enfoque interdisciplinario.

Ahora bien, no sólo los contenidos deben enriquecerse, los métodos también deben estar acordes con las necesidades de las personas en su educación a lo largo de la vida y es por tal motivo que se requiere dar al individuo cierta libertad en la elección de contenidos cuando sea posible, así como en la elección de su línea de acción. También debe procurarse que sea él mismo quien se responsabilice de su evaluación, para que conozca directamente los resultados logrados y le sirva de retroalimentación y motivación. Y finalmente, ese individuo responsable de su propio aprendizaje, deberá estar preparado para realizar trabajos en conjunto con otras personas. Cuando el individuo se sienta asociado a la evaluación de su propio esfuerzo, su actitud ante el aprendizaje será más positiva.

La actitud del ser humano no puede ser pasiva sino de continua búsqueda e investigación constante, debido al ritmo acelerado del desarrollo tecnológico y a que la sociedad no puede conformarse ni debe hacerlo con los avances anteriores, sino que éstos deben propiciar otros progresos. Ante este -

reto la educación debe ser flexible, renovable e innovadora - para poder contribuir a la evolución del hombre.

El concepto de educación permanente implica un proceso que puede tener carácter formal y no formal y al contemplarlo como una continuidad formativa del sujeto a lo largo de su vida, se está incluyendo de hecho, lo que algunos autores llaman la educación informal, y que es aquella que se recibe día a día del propio contexto social.

Diferenciar estas modalidades, tiene como finalidad - reconocerlas por separado según sus propias características.- Sin embargo no existe entre ellas una separación o aislamiento, es más, representan en su conjunto el carácter permanente de la educación.

2.2.1. EDUCACIÓN FORMAL

Se ha visto que el ser humano posee una naturaleza -- histórica que adquiere realidad dentro de las interacciones - sociales. Estas interacciones, a las que está el hombre ligado durante toda su vida, son las que en muy amplio sentido, lo educan permanentemente.

Dentro de ese contexto social, quedan enmarcadas la -

educación formal y la educación no formal.

La educación formal surgió como un intento de sistematizar y organizar el proceso educativo que en la antigüedad se daba de manera espontánea y que en épocas posteriores, cuando la estructura social se tornó más compleja, fue necesario adecuar a las necesidades concretas que planteaba ese momento histórico.

Así pues la educación formal se caracteriza por desenvolverse en las escuelas y tener un carácter regular y continuo, pasando por diversos niveles que van desde el básico hasta el superior.

Existe dentro de la educación formal, rigidez curricular, de calendario y de horarios, por lo tanto el ritmo de aprendizaje no puede ser individual, sino que sigue el de la mayoría de los alumnos.

Esta modalidad educativa se constituye como el elemento fundamental en la sociedad, ya que conjunta recursos humanos, materiales y técnicos que sirven para desarrollar el proceso educativo dentro de las escuelas y generalmente para reproducir y consolidar la estructura social, tarea en la cual participan activamente los medios de comunicación masiva.

2.2.2. EDUCACIÓN NO FORMAL

El creciente desarrollo científico y tecnológico característico de las sociedades industrializadas, los procesos económicos y el aumento en la tasa de crecimiento, entre - - otros motivos, hicieron que las necesidades de grandes grupos humanos aumentaran, lo que exigió mayor número de bienes y -- servicios y la urgencia de una difusión más amplia y masiva - de conocimientos, para la elevación del nivel cultural. Todo ello superó las posibilidades que brindaba la educación -- formal y se precisó de un nuevo planteamiento y una reorienta ción del concepto de educación, dando por resultado la educación no formal.

Esta se caracteriza principalmente por no estar - - - estructurada jerárquicamente ni tener una graduación cronológica y se aleja notablemente de todos los preceptos establecidos para la enseñanza escolar formal, siguiendo por lo general la política educativa en términos de apoyo al desarrollo del país.

La educación no formal al no ser sistemática, comprende más bien acciones encaminadas en la mayoría de los casos - al mejoramiento social, es decir tiene una función socializadora. De esta manera y valiéndose de una instrucción seme--

jante a la escolarizada, compensa a aquellos grupos de población que no han tenido la oportunidad de ingresar al sistema escolar formal. También capacita a dichos grupos para realizar un trabajo productivo, económicamente hablando, con lo -- que trata de compensar las diferencias sociales, y por último, prepara individuos que sean capaces de participar activamente en sus comunidades, de modo que tengan acceso a las -- oportunidades de empleo, de mejoramiento del ingreso y con -- ello la posibilidad de modificar sus condiciones de vida. - Asimismo, se pretende proporcionar con esta opción diferenciada, valores que permitan nuevas actitudes y formas de organización social para poder incidir en la transformación de su ámbito.

Con la educación no formal es posible tratar temas -- recientes, relevantes y acordes a las necesidades del momento. Es por eso que potencialmente es un agente para el cambio -- social y el desarrollo socio-económico, ya que por medio de -- ella se puede:

- . reducir el costo de la educación
- . dar igualdad de oportunidades y acceso a la educación y consecuentemente a los recursos de la sociedad
- . realizar innovaciones educativas

- . complementar los beneficios de la educación formal
- . posibilitar un nuevo enfoque que permita darle más -- importancia al rendimiento que a los certificados -- escolares y
- . responder a los cambios tecnológicos y a las demandas que éstos generan

Ahora bien, aprovechar las bondades de la educación no formal, significa dar un cambio cualitativo, procurar que no sólo sirva para extensionismo, es decir para transmisión de conocimientos, pues se caería en lo que Paulo Freire llama "educación bancaria" es decir, depositar en los individuos -- una serie de conocimientos que no le sirven para interactuar con su propia realidad y mucho menos para transformarla.^{1/}

Por lo tanto la educación no formal, debe servir para que el individuo adquiera valores y habilidades que le permitan su propia superación y en consecuencia la de su sociedad, para que se logren avances sustanciales como el de no tener que depender de la tecnología importada y para que entre el educando y el educador exista la comunicación necesaria de -- manera tal que el aprendizaje no se dé en un sólo sentido, -- sino que haya retroalimentación y de esa manera se planteen -

1/ Cfr. Freire, Paulo. Cap. II Pedagogía del Oprimido

ambos una nueva forma de vida. Así como para aprovechar al máximo el hecho de que la educación no formal por representar menores costos y por su flexibilidad puede llegar a donde la formal no ha llegado para conseguir la integración y comunicación que hasta la fecha no ha sido posible.

2.3. EDUCACION ABIERTA

La educación abierta se manifiesta como alternativa a los requerimientos de grandes sectores de población que por distintas razones no tienen acceso a la instrucción escolarizada. Frente a este concepto surgen avances científicos y tecnológicos en las ciencias sociales que permiten tener métodos teórico-prácticos de transmisión y evaluación de los conocimientos y que a su vez posibilitan la creación de grupos de aprendizaje que trabajan dentro o fuera de los planteles educativos. Por lo tanto, la educación abierta se concibe como el conjunto de actividades de carácter temporal o permanente, formales y no formales, que tienen a su cargo las instituciones facultadas para ello, de acuerdo con los planes de formación o capacitación total o parcialmente desescolarizados.

Esta modalidad promueve la participación activa del sujeto en su propia formación, y crea en el individuo el deseo

de incorporarse al medio que lo rodea, ya que reconoce sus -- expectativas, reflexiona y participa críticamente en las distintas fases de la acción educativa, se compromete con la -- transformación de su realidad individual, y ésto le brinda la posibilidad de incidir en la transformación de su realidad -- social.

Con frecuencia se utiliza educación abierta como sinónimo de educación no formal, pero realmente puede inscribirse tanto en esta última, como en la educación formal, respondiendo en cada una de ellas a sus propias características, gracias a que utiliza la metodología del aprendizaje independiente, y por lo tanto puede adaptarse a diferentes programas, ya sea dentro de una u otra instancia educativa.

Cuando la enseñanza abierta está dentro del contexto de la educación formal, permite al individuo satisfacer sus necesidades de instrucción sin tener que asistir diariamente a la escuela bajo un horario previamente estipulado. El -- alumno puede obtener la acreditación con los mismos certificados o títulos que los alumnos del sistema escolarizado, con la ventaja de que él mismo puede administrar su tiempo de -- estudio al encontrarse fuera de la relación tradicional maestro-alumno y en una situación que podría denominarse "extra--muros".

En cambio cuando la educación abierta es utilizada en el ámbito de la educación no formal, generalmente establece programas de capacitación por medio de los cuales se proporcionan experiencias de aprendizaje en programas de alfabetización, salud, extensión rural, desarrollo de la comunidad, etc., desde luego no se acredita con el valor curricular de la anterior, sino que por lo general se extienden constancias de participación que no significan el paso del alumno a otro nivel como en el caso de la educación abierta en el sistema formal, en el que un certificado permite su incorporación al nivel superior inmediato.

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS ABIERTOS DE ENSEÑANZA

La educación abierta implica una transformación de los métodos y procedimientos educativos debido a que toma en cuenta las necesidades derivadas de la apertura en el tiempo y en el espacio, supone además un nuevo estilo de operación de los planes y programas de estudio así como de la evaluación. Hay que destacar que funciona no sólo como vía para dar acceso a la instrucción a personas que quedaron al margen del sistema escolar tradicional, sino que en la actualidad ha posibilitado la solución de problemas educativos antiguos, tales como la rigidez estructural del sistema escolar formal y el conservadurismo, así como el enfrentamiento a nuevos

rollo de una autonomía de pensamiento y de acción que le servirán a lo largo de la vida.

En ocasiones la poca valoración de las exigencias de los sistemas abiertos, ha provocado que los alumnos se sorprendan cuando comprueban que la modalidad exige académicamente tanto o más que la tradicional, sin embargo una vez que -- siguen su dinámica se dan cuenta de que la creatividad no se ve limitada en ningún sentido, se involucran en el estudio y se comprometen con su propio aprendizaje.

Las tutorías son impartidas por un profesor, en este caso llamado tutor, quien participa en el diseño de planes y programas de estudio, en la elaboración y/o selección del material didáctico como paquetes impresos, audiovisuales, transparencias, y también programas de radio y televisión, según lo requiera el caso. Interviene también en la confección de los instrumentos de evaluación que controlan el cumplimiento de los objetivos propuestos. Además revisa y comenta el trabajo realizado por el estudiante orientándolo sobre la mejor manera de realizarlo y de corregir sus errores para el logro de las metas planeadas. Como se ha mencionado, el papel del tutor en los sistemas abiertos comprende múltiples tareas, a ello, puede sumarse que no sólo actúa como asesor individual, sino que coordina el proceso educativo en las actividades - -

entre los que destaca la masificación de la enseñanza. Puede afirmarse que la enseñanza abierta es un movimiento pedagógico que ofrece resultados satisfactorios, no obstante debe fortalecerse con una adecuada planeación y una revisión continua que permita su adaptación a las circunstancias cambiantes, para lo cual es indispensable realizar un trabajo permanente de evaluación e innovación. Debe señalarse que la enseñanza abierta, además de haber dado una solución viable al problema del aumento en la demanda educativa, ha propiciado un cambio mucho más profundo en cuanto a las actitudes de los individuos.

En cualquier Sistema de Enseñanza Abierta ya sea a nivel básico, medio o superior, los tres componentes esenciales son: los alumnos, las tutorías (también llamadas asesorías), y los materiales didácticos.

Los alumnos tienen un papel totalmente activo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, en ellos recae la responsabilidad para que este proceso se cumpla. El estudiante puede avanzar a su propio ritmo y se vale para ello tanto del material de enseñanza abierta como de las tutorías. La forma de trabajo que desempeña le permite lograr una disciplinamiento, y una capacidad de investigación y abstracción que lo mantiene interesado en el estudio, lo que deriva en el desa-

grupales, promueve la crítica y fomenta la creatividad, acciones que redundan no únicamente en la información del alumno, sino también y muy especialmente en su formación.

La educación abierta resume de alguna manera los preceptos de la "educación problematizadora" establecidos por -- Paulo Freire en su obra Pedagogía del Oprimido, ya que se diluye la dicotomía educador - educando al dejar de ser el primero, únicamente un mediatizador entre el alumno y la realidad, y al establecer el diálogo y la comunicación con el estudiante se vuelve con él, otro investigador. Siendo el educando activo, reflexivo y creativo, responde a su vocación -- ontológica de ser y aprender haciendo, lo que le permite llegar a la praxis, es decir a la acción mediante la cual es posible llegar a la liberación. ^{1/}

El tercer componente mencionado como esencial en un sistema abierto lo constituyen los materiales didácticos, los cuales se tratarán en el siguiente inciso debido a la importancia que tienen en este trabajo.

2.3.2. LOS MATERIALES DIDÁCTICOS EN LOS SISTEMAS ABIERTOS DE ENSEÑANZA

La efectividad de la enseñanza en los sistemas abier-

1/ Ibid.

tos es producto de la calidad e integración de sus elementos: alumnos, tutorías y materiales didácticos, dentro de los cuales estos últimos ocupan sin duda un lugar fundamental, porque de ellos depende en gran medida que el proceso de enseñanza-aprendizaje se lleve a cabo.

Para lograr el éxito en su tarea, la educación abierta se vale de los materiales didácticos como base de la metodología de estudio que se utiliza para lograr el aprendizaje independiente. De ahí la importancia de éstos, pues como se ha mencionado ya, el trabajo que realiza el alumno es abierto, y esa apertura lo obliga a depender casi por completo de los materiales principalmente los impresos, razón por la cual, éstos deben procurar que la motivación del estudiante se manifieste en una actitud positiva para aprender.

Ahora bien para que los materiales de estudio cumplan con su finalidad, la de instruir, es necesario conformar un modelo didáctico con una serie de lineamientos teóricos y prácticos que permitan organizarlos de tal manera que se facilite la autoenseñanza. Por tal motivo la estructuración didáctica debe basarse no únicamente en teorías del aprendizaje, sino también en teorías de la instrucción que permitan organizar el material con elementos metodológicos utilizados de acuerdo a las necesidades de los contenidos programáticos.

para lograr un aprendizaje significativo.

El hablar de aprendizaje significativo remite al modo en que se aprende.

"La esencia del proceso del aprendizaje significativo reside en que ideas expresadas simbólicamente son relacionadas de modo no arbitrario, sino sustancial con lo que el alumno ya sabe. . . " 1/

El que aprende tiene una disposición para relacionar el material nuevo, que es significativo para él, con su estructura de conocimiento.

El hecho de que la tarea de aprendizaje sea o no significativa, depende de dos factores, por un lado de la naturaleza del material y por el otro de la estructura cognoscitiva particular del estudiante.

La naturaleza del material, se refiere a que debe ser preciso y evitar la arbitrariedad, para que se facilite su relación con las ideas pertinentes y así se pueda aprender. También la naturaleza del material va a determinar si éste es o no significativo, además está en estrecho contacto con la -

1/ Ausubel, David. Psicología educativa. p. 56

significatividad lógica, ya que el contenido de cualquier materia de estudio, por lo general tiene un significado lógico.

Estructura cognoscitiva, se refiere a que la significatividad potencial del material de aprendizaje va a estar -- ligada a la capacidad de cada individuo, a sus antecedentes educativos, a su edad, a su ocupación, a su contexto social y a una serie de factores de carácter personal que lo influyen, por tal razón la significatividad variará en función de la estructura cognoscitiva del alumno.

Se puede asegurar entonces, que para que ocurra el -- aprendizaje significativo no basta con que el material sea -- intencionado, lógico y relacionable a las ideas que corresponden, sino que también se hace necesario que dichas ideas existan en la estructura de conocimiento del alumno.

Cuando se habla de material lógico, relacionable, se está haciendo referencia a aquel que puede relacionarse con ideas específicas, como serían los ejemplos, productos, casos especiales, generalizaciones, etc. Así pues el nuevo aprendizaje se integra a los conocimientos previos y de esta manera forma unidad con lo ya aprendido. Es importante que lo que se aprende tenga aplicabilidad, pues cuando el alumno -- reconoce las aplicaciones prácticas de los conocimientos que-

adquiere, aumenta sus posibilidades de lograr un aprendizaje significativo. Dicho de otra manera, el percibir la utilidad que podrá tener lo que ha aprendido, le da sentido a su aprendizaje.

Otro punto a considerar es que cuando se aprende por cuenta propia, bajo la responsabilidad y el interés individual, se aprende mejor y más significativamente.

Cuando la persona que estudia llega a internalizar -- los datos cognoscitivos y no sólo se satisface con recibir -- estímulos y responder a ellos, puede valorar el tema y comprometerse con él y de esta manera no olvidarlo.

Los materiales didácticos que se producen especialmente para el sistema de educación abierta, tienen la gran ventaja de evitar la improvisación que difícilmente puede soslayarse en el sistema escolar formal. Además dichos materiales al ser pensados expresamente para un trabajo individualizado^{1/}, propician el autodidactismo, siendo éste la principal vía para lograr el conocimiento en la enseñanza abierta.

1/ En su trabajo "El Paquete Didáctico", Patricia Cheang Chao dice que: "Los sistemas abiertos van a adoptar la enseñanza individualizada -- porque ésta promueve la socialización, en contraste la enseñanza individual ignora la necesidad social en tanto que implica la relación didáctica de un maestro para un alumno"
Mecanograma. 1982. p. 3

Hay que agregar también que al utilizar los estudiantes los libros de autoenseñanza adquieren gran habilidad para aprender solos, así como una mayor comprensión que amplía su horizonte ya que se acostumbran a trabajar de una manera independiente.

Obviamente las características de los materiales didácticos varían de acuerdo a los temas que tratan y necesariamente a las concepciones de aprendizaje y conocimiento a las que responden.

Dentro de los materiales para aprendizaje independiente existen 3 tipos: 1) aquellos que dirigen el estudio por medio de las llamadas guías de estudio y que orientan el trabajo de los estudiantes con base en actividades de aprendizaje referidas a materiales externos como antologías o libros de texto; 2) los llamados autosuficientes ^{1/} o autocontenidos y que consisten en un conjunto de lecturas de diferentes autores presentadas en forma de paquete didáctico; y 3) los realizados expresamente para una determinada materia de estudio conteniendo un texto original, y el cual se instrumenta didácticamente con los elementos necesarios para su aprendizaje. Siendo este el caso del libro para la Materia Diseño de Elementos de Máquinas, y del que se hablará con amplitud en el último apartado de esta tesis.

^{1/} Ibid. p. 6

2.4. SISTEMATICA EDUCATIVA

Hablar de una apertura en la educación remite al pensamiento de que la enseñanza abierta no necesita de una organización como la que existe en la enseñanza tradicional; sin embargo también requiere de una ordenación de todos sus componentes, tanto académicos como administrativos y principalmente pedagógicos.

En la educación abierta se hace necesaria una instrucción clara, específica y determinada y para lograrla se recurre a la sistemática educativa que permite la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que la sistematización de la enseñanza considera este proceso en sus antecedentes, en su estructura, en sus elementos y funciones, en la interdependencia de sus partes u operaciones y en sus resultados, enfocándolo como un todo del cual se obtendrá un producto que es el aprendizaje. 1/

La sistemática educativa posibilita la programación de las actividades que deberán seguirse y las metas que se quiere alcanzar, al especificar los objetivos, elaborar los instrumentos de evaluación y diseñar y seleccionar los métodos que comprenden las técnicas de enseñanza y la utilización

1/ Huerta, José. Organización lógica de las experiencias de aprendizaje.
p. 168

de los medios didácticos. Para ello se vale de la tecnología, en este caso educativa, que le provee de los procedimientos técnicos, es decir, de una serie de reglas prácticas para facilitar el aprendizaje.

Usualmente la tecnología es considerada como "el conjunto de elementos estructurados sistemáticamente" ^{1/} e interpretada de modo genérico como "la aplicación de una ciencia a problemas prácticos" ^{2/}. Sin embargo resulta por demás interesante considerar aquí lo que a propósito de ella dice Mario Bunge "la tecnología no es meramente el resultado de aplicar el conocimiento científico existente a los problemas prácticos: la tecnología viva es, esencialmente, el enfoque científico de los problemas prácticos, es decir, el tratamiento de estos problemas sobre un fondo de conocimiento científico y con ayuda del método científico. Por ésto la tecnología, sea de las cosas o de los hombres, es fuente de conocimientos nuevos" y agrega "la ciencia y la tecnología constituyen un ciclo de sistemas interactuantes que se alimentan el uno al otro". ^{3/}

Por lo tanto debería definirse la tecnología educativa como el conjunto de conocimientos provenientes de la inves

^{1/} Contreras Elsa e I. Ogalde. Principios de tecnología educativa. p. 8

^{2/} Ibid.

^{3/} Bunge, Mario. La ciencia su método y su filosofía. p. 35

tigación científica organizados de una manera sistemática - que proporcionan métodos, procedimientos y medios para el mejor desarrollo y logro del proceso de enseñanza-aprendizaje y que a su vez retroalimenta a la ciencia que sirve, mediante - las preguntas que continuamente le formula y las respuestas - que cotidianamente le suministra.

Ahora bien, los métodos y medios de la tecnología educativa, así como sus estrategias y procedimientos, se basan - en principios teóricos y se encaminan hacia un fin: el para- qué, cómo y para quién van a servir. Lo que implica una - - dirección definida, mediante la creación y utilización de las situaciones idóneas para el aprendizaje.

De aquí la necesidad de que la elaboración de mate- - rial para enseñanza abierta, se haga a partir de un modelo -- que utilice todos estos principios para de esa manera asegu-- rar las condiciones óptimas para aprender y así obtener los - mejores resultados.

2.4.1. TEORÍA DEL APRENDIZAJE

Si se considera que teoría es un conjunto de conoci-- mientos que dan explicación completa de un cierto orden de -- hechos, y como dijera Mario Bunge "da cuenta de los hechos no

sólo describiéndolos de manera más o menos exacta, sino también proveyendo modelos conceptuales de los hechos, . . ." ^{1/} se entenderá que la teoría del aprendizaje es la explicación-sistemática de los fenómenos y problemas que a éste se refieren.

El proceso de aprendizaje ha sido estudiado desde diversas corrientes psicológicas, debido a lo cual la teoría -- del aprendizaje debe entenderse como el conjunto de varias -- teorías que conforman un marco teórico único, pero que sin -- embargo sostienen diferentes concepciones de aprendizaje que van de acuerdo a la concepción de conocimiento que las sustentan.

Así pues hay teorías que conciben el aprendizaje como el proceso psicológico por medio del cual es posible explicar entre otros fenómenos el del comportamiento; algunas señalan que es una manifestación de la organización estructurada de - varios elementos cognoscitivos que se relacionan con la información que proviene del exterior; y hay aquellas que lo conciben como un proceso que se desarrolla conjuntamente con otros durante la evolución del sujeto, considerando a éste en interacción con el medio ambiente.

^{1/} *Ibid.* p. 57

Existen dos grandes corrientes en la psicología que se destacan porque de ellas se desprenden las teorías que han tenido una amplia aplicación práctica, debido a que sus principios han sido los más utilizados en la instrucción, éstas son: la asociacionista y la cognoscitivista.

Los principios de aprendizaje que cada teoría propone, son la base para enseñar, porque dan respuesta a la pregunta de ¿cómo se aprende?.

Por ejemplo los principios de las teorías asociacionistas o de estímulo-respuesta, destacan la predicción y el control de la conducta, y al cambio que se da en ésta lo denominan aprendizaje, considerando a éste como una situación provocada por el condicionamiento y que es manifiesta y observable, mientras que en las teorías cognoscitivas los principios de aprendizaje están ligados a la adquisición de estructuras de conocimiento, es decir que un individuo puede manejar y asimilar la información de una manera objetiva y analítica y así lograr el aprendizaje.

E. Hilgard señala seis principios en los que enfatiza el cognoscitvismo, como condición importante para que se de el aprendizaje. ^{1/}

1/ Hilgard, Ernest y G. Bower. Teorías del Aprendizaje. p. 618

1. Las características perceptuales.- representan la -- forma en que un problema de aprendizaje es estructurado y presentando al alumno para que pueda inspeccio-- nar sobre sus características esenciales. Se puede-- agregar que este principio se apoya en la actividad - propositiva, que dice que para que una conducta sea - aprendida es necesario realizarla en forma intencionada.

2. La organización del conocimiento.- implica una dirección que va de lo simple a lo complejo, pero no de -- partes sin significado a un todo con significado, si-- no de "todos simplificados a todos más complejos" - - (sic). Para una mejor comprensión de este principio puede decirse que está basado en la organización por-- configuraciones globales, pues el individuo aprende - cuando logra reorganizar en su mente los elementos de una información adecuándolos a su propia estructura.

3. El aprendizaje con comprensión.- es aquel que es más permanente y transferible que el aprendizaje de memo-- ria. Es más fácil de retener y más significativo.

4. La retroalimentación cognoscitiva.- que sirve para - confirmar el conocimiento correcto y corregir el - -

erróneo. Es como comprobar una hipótesis mediante la retroalimentación y contribuye a moldear la estructura mental que la persona va cambiando durante el proceso de aprendizaje.

5. La determinación del objetivo.- la hace el que aprende y tiene gran importancia como motivación para el aprendizaje y para lograr éxito en el mismo.

6. El pensamiento divergente y convergente.- el divergente es un pensamiento que conduce a solucionar problemas o a crear productos nuevos para lo que se necesita que el individuo se conciba a si mismo como un ser creativo. El convergente es el pensamiento que lleva a las respuestas lógicamente correctas.

Cabe señalar que la teoría de la motivación y la personalidad agrega a los principios anteriores otros de gran importancia al reconocer que, para que haya aprendizaje también deben ser consideradas las capacidades innatas de quien aprende, así como su desarrollo y ámbito sociocultural y por lo tanto su motivación y la actitud ante las cosas que lo rodean.

El llevar los principios teóricos al campo de la prá

tica, ha ocasionado algunos problemas ya que por lo general - aquel que hace investigación de la ciencia básica, la hace -- con el deseo de crear o mejorar su propia teoría, sin pensar en cómo derivarla a la práctica, es decir no considera la - - aplicación inmediata de los resultados de su investigación a situaciones donde se puedan ejecutar. En cambio la investigación de la ciencia aplicada y el desarrollo tecnológico procura validar sus teorías por medio de su influencia en la - - práctica cotidiana haciendo su estudio en situaciones reales.

Es así como los principios generales a los que se ha hecho referencia quedan comprendidos en el campo de la "teoría del aprendizaje", mientras que los aspectos aplicados de la pedagogía, derivados de dichos principios, están contenidos en la "teoría de la enseñanza".

2.4.2. TEORÍA DE LA ENSEÑANZA

Parece ser común el hecho de relacionar el aprendizaje y la enseñanza, sólo que en ocasiones esta relación se - - hace confusa por no conocer con claridad las tareas que les - corresponden, por eso se debe insistir en que la teoría del - aprendizaje por si misma no puede adiestrar sobre la forma de enseñar; sin embargo ofrece el punto de partida para descu- -

brir los principios generales de la enseñanza que puedan ser formulados de acuerdo a los procesos psicológicos. Así los principios de la enseñanza se derivan de los principios del aprendizaje, sólo que a partir de dificultades prácticas que es necesario enfrentar. Basándose en los principios del aprendizaje se puede lograr una mejor instrucción, por lo tanto esta última es la herramienta que utiliza la enseñanza para alcanzar el aprendizaje.

Por lo anterior cabe señalar cuál es la diferencia entre enseñanza e instrucción, ya que la primera hace referencia a una problemática más general del acto educativo, mientras que la segunda tiene que ver más con los contenidos, o sea con la consecución de objetivos cognoscitivos. En resumen puede decirse que la instrucción provee los medios para que el proceso de enseñanza-aprendizaje pueda realizarse.

Una teoría de la instrucción es a la vez prescriptiva y normativa. Es prescriptiva porque expone reglas en cuanto al modo más eficaz de lograr conocimientos y destrezas, y porque brinda los medios para poder evaluar la enseñanza y el aprendizaje. Es normativa porque formula los criterios y las condiciones para mejorar el aprendizaje, y deja de lado lo que sería una mera descripción de éste.

Como sus principales características están: 1/

- . Especificar qué experiencias son las que infunden en un individuo la predisposición para aprender.
 - . Especificar cómo debe estructurarse un cuerpo de conocimientos para que pueda ser comprendido del modo más rápido.
 - . Especificar en qué orden deben presentarse los materiales que han de ser aprendidos para lograr una mayor efectividad.
 - . Especificar la naturaleza de la retroalimentación.
1. Existe una predisposición para aprender en la que --
intervienen la motivación del sujeto, su contexto --
social y cultural y algunos factores más que lo --
alientan a explorar alternativas, exploración de la --
que dependen el aprendizaje y la solución de proble-
mas y por lo tanto debe ser facilitada por la - - -
instrucción con base a una regulación que se relacio-
na directamente con tres aspectos: el de activación
o sea algo que ponga en marcha el proceso, por ejem-
plo la curiosidad; el de mantenimiento es decir algo
que lo haga continuar, como las satisfacciones; y el
de la dirección, algo que evite que el proceso se --

1/ Bruner, Jerome. Hacia una Teoría de la Instrucción. p. 54-56

lleve a cabo al azar, por ejemplo los objetivos. --
Para que la exploración tenga una dirección deberá co
nocerse el objetivo de la tarea y los resultados de -
las pruebas de las alternativas.

2. Una teoría de la instrucción debe tener en cuenta la-
estructura y forma del conocimiento, ya que están - -
relacionadas con la capacidad del estudiante para su-
dominio, por lo que se considera:

- a) formas de representación
- b) economía
- c) fuerza efectiva

- a) Formas de representación.- Existen diferentes -
modos de representación, ya sea por medio de accion
es, dibujos, o símbolos y estarán de acuerdo a la
dificultad y utilidad a que se refieran los reque
rimientos del material didáctico. Estas son:

- la representación prescriptiva, que está relacio-
nada con aquellas acciones apropiadas para alcan-
zar un fin.
- la representación icónica, que se refiere a aque-

llas imágenes o gráficas que representan un concepto.

la representación simbólica, que utiliza las proposiciones lógicas derivadas de un sistema simbólico.

La representación posibilita al alumno para relacionar conceptos que parecen muy alejados, puede usarse un solo modo de representación y en algunas materias como las matemáticas pueden utilizarse modos de representación alternativos.

- b) Economía.- Está relacionada con la cantidad de información que hay que recordar y asimilar para poder lograr la comprensión, y depende en gran medida del modo o forma de representación. La economía aumenta cuando se simplifican los términos y se hace todavía mayor si se utilizan las representaciones icónica y simbólica, ya que es más económico resumir características mediante fórmulas sin tener que colocar una serie de números en forma tabular que integre un conjunto de observaciones, o bien con diagramas que visualmente resuelvan un problema.

En su conjunto la variedad en la representación - ayuda al alumno a alcanzar la meta en la solución de problemas.

- c) Fuerza o facultad efectiva.- Se refiere a la -- comprensión del tema, aunque debe decirse que la -- comprensión de una rama del conocimiento nunca -- rebasará los conocimientos mismos.

A pesar de que la facultad efectiva y la economía son independientes existe entre ellas cierta relación, ya que puede haber una estructura económica pero ineficaz; sin embargo una técnica eficaz de estructuración generalmente es económica.

3. Es importante para el estudiante el orden de sucesión de los materiales de un área del saber, pues de ello dependerá la facilidad o dificultad que tendrá para dominarla. La instrucción permite al estudiante - - aumentar su capacidad para captar, transformar y - - transferir lo que aprende basado en la exposición y - planteamiento de un problema.

No puede hablarse de un sólo orden de sucesión, y - - encontrar el mejor dependerá de factores que incluyan

el aprendizaje previo, la etapa de desarrollo del - - individuo, y el carácter del material; así como los - criterios para juzgar lo aprendido, tales como la capacidad de transferir lo aprendido a nuevas situaciones, las formas de representación que serán utilizadas para expresar lo que se aprendió, y la efectividad para crear nuevas hipótesis y combinaciones, por mencionar sólo algunos.

La sucesión del material también se correlaciona con la exploración de alternativas al orientar al estudiante a profundizar más o menos en los temas. Dicha sucesión se relaciona con el mantenimiento del -- interés porque provoca un cierto nivel de incertidumbre que incita hacia la solución de problemas.

4. Se debe considerar que el conocimiento de los resultados va a incidir en el aprendizaje, ya que éste y la solución de problemas tienen características especiales en el sentido de que hay un ciclo que contiene la formulación de un procedimiento de prueba, la operación de éste y la comparación de los resultados de la prueba con algún criterio. Este proceso podría llamarse de comprobación de hipótesis (aunque también ha sido llamado de prueba y error, de reducción de dis--

crepancias o de otras maneras), es decir brinda información a quien aprende sobre sus propios esfuerzos, y propicia que llegue a ser autosuficiente.

El momento y la forma en que el estudiante recibe la información correctiva son importantes ya que ésta -- para ser eficaz debe llegar justamente cuando la solución de problemas permite a la persona comparar sus resultados con algún criterio de lo que intenta conseguir.

A manera de resumen en lo que respecta a la teoría de la instrucción habrá que tomar en cuenta que en la preparación de material de enseñanza, deberán considerarse la predisposición, la estructura, el orden de sucesión y la realimentación, y que la presentación de los materiales deberá atender a la existencia de una serie de diferencias individuales tales como habilidad, aptitud, destreza, capacidad, interés y disposición a la solución de problemas.

También habrá que procurar que el estudiante piense por sí mismo, y tome parte activa en el proceso de obtención del conocimiento, ya que la instrucción únicamente le brinda informes sobre sus esfuerzos y él tendrá que desarrollar técnicas para obtener más información cuando la instrucción y --

sus medios se agoten.

Resulta por demás obvia la importancia de la transferencia^{1/} en el aprendizaje, ya que es el fin último de todo proceso de instrucción.

Anteriormente ya fue definida la teoría del aprendizaje, y para finalizar este inciso, a continuación se da la definición que hace J. Bruner sobre la teoría de la instrucción "es, en efecto, una teoría sobre el modo en el que el crecimiento y el desarrollo pueden favorecerse por diversos medios", ^{2/} ya que él plantea que al fin y al cabo la instrucción contribuye a dar forma al desarrollo.

En el siguiente apartado de este trabajo, se presenta el modelo didáctico diseñado para la elaboración del material de autoenseñanza de la asignatura Diseño de Elementos de Máquinas. Cada uno de los elementos de la estructura del modelo puede tomarse como la estrategia derivada de los principios teóricos hasta aquí expuestos, es decir en la definición

^{1/} Cabe señalar aquí la forma como los teóricos conciben la transferencia. Ausubel dice que se deriva de la integración del nuevo material con lo ya aprendido, que es la posibilidad de integrar y aplicar el nuevo conocimiento a nuevas situaciones. Gagné considera que el dominio de capacidades anteriores permite prever el aprendizaje de la habilidad posterior o sea transferirse a la capacidad superior. Y para Bruner significa la capacidad de organización para relacionar temas que aparentemente están separados o distantes y la capacidad de descubrir y resolver nuevos problemas.

^{2/} Bruner, Jerome. Op. cit. p. 1

de cada elemento subyace la correspondencia que guarda éste -
con las teorías del aprendizaje y la enseñanza.

**3. EL MODELO DIDACTICO DEL MATERIAL DE ENSEANZA
ABIERTA DE LA MATERIA
"DISENO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS"**

3.1. EL MODELO DIDACTICO Y SU ESTRUCTURA

Para elaborar un modelo didáctico que permita realmente la facilitación del aprendizaje, se ha dicho que es necesario que éste tenga fundamentos teóricos y prácticos, es decir que debe basarse en teorías del aprendizaje y la instrucción.

Los fundamentos teóricos y su relación directa en la práctica, han sido tratados con detenimiento en el apartado anterior, por lo que en el presente, se hablará de la función que desempeña cada uno de los elementos de la estructura didáctica dentro del material de autoenseñanza.

Para definir modelo, la teoría general de sistemas -- provee de algunos conceptos que dicen que: "modelo es la representación de la realidad estructural de un sistema" ^{1/} o bien que "es un conjunto de símbolos que representan una estructura de la forma más exacta posible" ^{2/}

Ahora bien, si se reconoce como objeto material o general de la Didáctica el proceso de enseñanza-aprendizaje y como su objeto formal o especial la prescripción de los métodos y técnicas más eficaces en dicho proceso, se acepta la --

^{1/} Colom, Antoni. Sociología de la Educación y Teoría General de Sistemas. p. 21

^{2/} Ibid.

siguiente definición: "Didáctica es la ciencia que trata del fenómeno enseñanza-aprendizaje en su aspecto prescriptivo de métodos eficaces" 1/

Por lo tanto puede decirse que un "modelo didáctico" es el que se configura mediante la aplicación de los principios teóricos en la selección y organización de los diferentes elementos de un sistema de enseñanza y funciona como auxiliar metodológico por medio del cual se puede dar a entender una determinada estructura con la finalidad de facilitar y lograr el aprendizaje.

Si se retoma la teoría general de sistemas y se considera "estructura" como el cuerpo de un sistema, se tiene que "un sistema está formado por un conjunto de elementos relacionados entre sí o conectados de algún modo." 2/

Es precisamente la comunicación o conexión de los elementos que conforman un todo, lo que hace diferente a un sistema de un mero agregado de componentes, y lo que además lo hace dinámico.

Existen posiciones que le dan mayor importancia a la idea de totalidad que a la de interrelación y ello hace que

1/ Gutiérrez, S. Rall. Introducción a la Didáctica. p. 16

2/ Colom, C. Antoni. Op. cit. p. 12

sistema se defina también como: "totalidad formada por elementos en relación". 1/

El concepto sistema es utilizado en aplicaciones diversas y en contextos también muy diferentes. Cada autor aplica el concepto de sistema en función de sus propios intereses y en consecuencia con significados diversos. Sin embargo, se puede aseverar, que la finalidad de cualquier sistema es la consecución de una meta. Para tal efecto necesita una ordenación adecuada de sus elementos, lo que en este caso es la estructura didáctica, así como de sus relaciones, es decir la función de cada uno de los elementos didácticos. Entonces se concluye que la forma de un sistema es la estructura y que mientras el sistema se refiere al todo, la estructura lo hace a las relaciones entre las partes de ese todo. Al respecto Bertalanffy dice que la estructura es la descripción interna del sistema y a éste lo define como "un conjunto de componentes en estado de interacción". 2/

Cuando dentro de una estructura se modifica un elemento o una relación, los demás elementos o relaciones también sufren modificación. Si se supone que toda estructura tiene determinadas relaciones entre los elementos que la conforman,

1/ *Ibid.*

2/ *Ibid.* p. 27

y que al mismo tiempo posee una ordenación relativamente estable de las partes del todo, entonces será sencillo de comprender la importancia que la estructura tiene dentro de un modelo didáctico, y la razón por la que no es posible que a un texto común o convencional, se le ponga una serie de elementos didácticos como por ejemplo: objetivos y reactivos, y -- que por tal motivo, se tenga la seguridad de que va a funcionar, porque sólo se estaría dando un formato a un determinado material y de ninguna manera podría llamarse a eso un modelo didáctico, ya que éste al basarse en teorías científicas y al ser realizado por una persona conocedora del campo de la psicopedagogía, garantiza resultados más positivos porque considera: qué se quiere enseñar, a quién y cómo. Esta última -- interrogante corresponde a lo que podría llamarse instrumentación, ya que se seleccionan las actividades con las cuales se llegará al logro de los objetivos, así como las técnicas y -- recursos que lo permitan y también se establecen los criterios e instrumentos de evaluación del aprendizaje.

En el caso del material de enseñanza abierta para Diseño de Elementos de Máquinas, se consideró conveniente producir un material como el caracterizado por ser elaborado expresamente para una determinada materia de estudio, debido a que existen varios textos que a pesar de ser buenos, carecen de -- la estructura requerida para facilitar el autodidactismo, ade

más de que al no estar contenidos los temas en un solo libro, sino en varios, se obliga al estudiante a consultar diferentes fuentes, con la ayuda de un profesor, y con los consecuentes problemas, principalmente de tipo económico y también de tiempo invertido.

En cambio el material elaborado exprofeso para dicha materia contiene todos los temas del curso en un solo libro y el tratamiento indispensable para que el alumno los estudie por su propia cuenta y sólo si es necesario recurra a la orientación del tutor.

Se ha trabajado ya sobre la idea de que para que el alumno aprenda se requiere que lo que estudia tenga un significado. Para conseguirlo, el material de DEM tiene un nivel de profundidad y complejidad acorde a lo ya conocido por el alumno en un nivel anterior. En dicho material de estudio, los requisitos de aprendizaje están claramente formulados, y el contenido de toda la información que el alumno demanda para alcanzar los objetivos propuestos. Además tiene una secuencia lógica en su organización y un sentido que proporciona al alumno la facilidad para aprender y así lograr la transferencia, es decir le permite encontrar el enlace entre los conocimientos previos con los recién adquiridos, y le posibilita traspasar el nuevo conocimiento a otras situaciones.

El material de Diseño de Elementos de Máquinas contiene en la primera Unidad la guía básica para proceder sistemáticamente al diseñar cualquier elemento de máquina, y en las subsecuentes trata en forma particular cada uno de los elementos de máquinas más usados, presentando además de los lineamientos generales y específicos para su construcción, las principales recomendaciones emanadas de la práctica para el logro de un diseño óptimo.

Es precisamente en este tratamiento del contenido y en la estructuración adecuada para la autoenseñanza, basada en la teoría pedagógica, en los que reside la riqueza del material de Diseño de Elementos de Máquinas que está conformado por 2 tomos organizados como a continuación se indica:

- . Presentación
- . Prólogo
- . Instrucciones para el manejo del texto
- . Índice general
- . Contenido programático dividido para su estudio en 7 unidades y 27 módulos como sigue:

Tomo I

Unidad I Fundamentos del diseño por resistencia

Módulo 1 Conceptos básicos

Módulo 2 Análisis de esfuerzos y deformaciones

Módulo 3 Selección de materiales

Módulo 4	Diseño bajo cargas estáticas
Módulo 5	Diseño bajo cargas dinámicas. Fatiga
Unidad II	<u>Diseño de flechas y sus accesorios</u>
Módulo 6	Problema general del diseño de flechas
Módulo 7	Diseño por resistencia y selección de materiales
Módulo 8	Diseño por rigidez y análisis dinámico
Módulo 9	Diseño de los accesorios de montaje
Unidad III	<u>Diseño de resortes</u>
Módulo 10	Resortes helicoidales
Módulo 11	Muelles de hoja
Módulo 12	Resortes diversos
Tomo II	
Unidad IV	<u>Diseño de engranes</u>
Módulo 13	Terminología y relaciones fundamentales de los engranes
Módulo 14	Engranes rectos
Módulo 15	Engranes diversos
Unidad V	<u>Transmisiones por bandas y cadenas</u>
Módulo 16	Transmisiones por banda
Módulo 17	Transmisiones por cadena
Unidad VI	<u>Diseño de frenos y embragues de fricción</u>
Módulo 18	Aspectos generales de frenos y embragues

Módulo 19	Consideraciones prácticas en el diseño de frenos y embragues
Módulo 20	Embragues y frenos de tambor
Módulo 21	Embragues y frenos de banda
Módulo 22	Embragues y frenos de disco y cono
Módulo 23	Método sistemático de análisis
Módulo 24	El aspecto térmico en frenos y embragues

Unidad VII Lubricación y cojinetes

Módulo 25	Principios básicos de la lubricación
Módulo 26	Análisis y diseño de cojinetes de deslizamiento
Módulo 27	Cojinetes de rodamiento

3.2. LA UNIDAD Y SUS ELEMENTOS

En el material de Diseño de Elementos de Máquinas cada unidad es autosuficiente, lo que le permite no tener que depender de nociones o recursos ajenos a ella para lograr sus objetivos, porque a pesar de que forma parte del programa integral de la materia, es una unidad completa en sí misma.

Se puede concebir al material de Diseño de Elementos de Máquinas en su totalidad, como un sistema y a cada unidad como un subsistema que ayuda a alcanzar la finalidad de la materia: aprender a diseñar diversos elementos de máquinas.

La integración de las unidades en una estructura pre-

cisa y autónoma a la vez, que pueden ser utilizadas como elementos independientes o como integrantes de un sistema general de enseñanza, implica la jerarquización, la organización y la redacción de los componentes de la asignatura, de forma tal que no sólo le muestren al alumno la información, sino -- que lo motiven a alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Una unidad debe por tanto contener todos aquellos elementos metodológicos que faciliten el estudio y que propicien una participación activa por parte del alumno para darle - - oportunidad a que manifieste sus aptitudes y desarrolle habilidades específicas.

Cabe aquí preguntar ¿porqué la necesidad de promover por medio de la adecuación del material la participación - - activa del alumno?, la respuesta no se deja esperar, si se considera que la situación del alumno es diferente en una clase tradicional donde utiliza los textos como apoyo para - - esclarecer o ilustrar lo que el maestro "enseña", y no así en el caso para el que fue elaborado el material de Diseño de -- Elementos de Máquinas, en el que el alumno estudia por su - - cuenta y a su propio ritmo de trabajo y por lo tanto se ve -- obligado a realizar un trabajo constante de investigación, de descubrimiento y de construcción, para el cual el material -- debe ser dinámico y representativo de una realidad que enri--

quezca su experiencia, ya que no siempre es posible que éste realice su aprendizaje apegado a situaciones reales, por lo que el material facilita su objetivación.

Como su nombre lo indica unidad tiene que ver con -- unión en este caso del contenido que constituye el programa -- de la asignatura de Diseño de Elementos de Máquinas, para que esa unión tenga sentido se procuró en el material de enseñanza abierta, alcanzar lo que se señala como características -- primordiales para una unidad, ^{1/} a saber:

- los objetivos deben ser claramente formulados
- la unidad debe tener coherencia en sí misma y con las demás unidades
- debe organizarse de modo que sea viable
- debe estimular a quien la estudie
- debe reproducir situaciones reales
- debe ser interesante
- todos los componentes de la unidad deben definirse y organizarse con claridad
- el contenido de la unidad debe graduarse de lo -- concreto a lo abstracto, de lo fácil a lo difícil, de lo conocido a lo desconocido
- debe describir o indicar el material necesario
- debe adaptarse a las diferencias individuales

1/ citado en: Soto Ma. del Rosario. "La didáctica moderna y el material impreso" Boletín Bibliográfico de Sistemas de Educación Abierta p. 55

Se llega así a la siguiente definición:

"una unidad es una porción de materia coherente que forma un conjunto capaz de dar un conocimiento, ofrecer experiencias y crear una actitud de acuerdo con los objetivos señalados, en atención a la naturaleza del educando y del asunto". 1/

A continuación se señalan los componentes básicos de una unidad dentro del material de Diseño de Elementos de Máquinas, definiendo cada uno de ellos e indicando su función de acuerdo al sistema que constituyen o conforman en el orden que aparecen:

- . Cuadro de términos, conceptos y principios
- . Objetivo general
- . Introducción
- . Módulo de información (este a su vez desglosado en cinco elementos metodológicos)
- . Solución de los cuestionarios de autoevaluación
- . Bibliografía general

3.2.1. CUADRO DE TÉRMINOS, CONCEPTOS Y PRINCIPIOS

Este cuadro presenta en tres columnas la lista de pa-

1/ *Ibid.*

labras que han sido usadas en otros cursos, en otras unidades dentro del mismo material, y en la misma unidad que se está - trabajando. En él se proporciona al estudiante una visión - global de las palabras que debe conocer y cómo se relacionan - con el estudio de la unidad.

Cuando el alumno que está estudiando encuentra un nuevo término y no lo conoce o comprende, puede recurrir a este - cuadro para su ubicación, y seguidamente buscar dentro del -- texto la forma como ha sido utilizado o estudiado y lograr -- así su entendimiento.

3.2.2. OBJETIVO GENERAL

Dentro del individuo existe la motivación, por eso es importante que el objetivo general represente para el estu- - diante una expectativa que despierte esa motivación y lo inte - rese. Aunque la expectativa por sí misma no completa el - - aprendizaje, sí prepara el camino para llegar a él. Por lo - tanto se puede argumentar que el objetivo general es un ele - mento orientador del proceso de aprendizaje, considerado - - este último como "la modificación más o menos estable de pau - tas de conducta, entendiendo por conducta todas las modifica -

ciones del ser humano, sea cual fuere el *area* ^{1/} en que aparezcan. . . " ^{2/}

El objetivo general en cada una de las unidades de --
Diseño de Elementos de Máquinas, contempla las metas que los --
estudiantes deberán alcanzar cuando finalicen su estudio. -
Está formulado de manera amplia y precisa, incluyendo todos -
los aspectos esenciales de la unidad, y su redacción está --
hecha en términos que señalan las capacidades y habilidades -
que el alumno habrá desarrollado al terminar el aprendizaje -
de ésta.

Con la especificación del objetivo general se preten-
de que los estudiantes capten desde el principio qué es lo --
que se espera de ellos y así puedan planear su consecución, -
acción que aviva su iniciativa y actividad. También el obje-
tivo general facilita la determinación de los objetivos espe-
cíficos (de los que más adelante se hablará), porque éstos se
relacionan directamente con él para conseguir una actitud de-
síntesis y de aplicación de la totalidad.

1/ La conducta es considerada en este caso como un proceso dinámico, que se presenta en tres áreas: la de la mente (psicológica), la del - - cuerpo (física) y la del mundo externo (social). Estas áreas son -- coexistentes y no pueden presentarse manifestaciones en una sin que - se den en las otras dos. A este respecto el mismo Bleger nos dice - que la conducta "es una manifestación unitaria del ser total" - - Bleger, José. Psicología de la Conducta. p. 34

2/ _____ Temas de Psicología. p. 63

Resulta obvio que el objetivo general de cada unidad busca la integración del todo, y además atiende a la finalidad que la materia tiene dentro de la carrera.

3.2.3. INTRODUCCIÓN

La introducción en cada una de las unidades de la obra, es la que permite el acercamiento entre el estudiante y el tema que va a iniciar. Es un comentario general sintético acerca de los contenidos que al resaltar la importancia de los mismos, no sólo introduce al alumno al tema, sino que lo motiva.

En la introducción, se caracteriza y ubica el tema abordado en la unidad, y de esta manera se le proporciona al alumno un panorama general del tratamiento de la información. Se destaca además la utilidad del material a estudiar y si el caso lo amerita, se relaciona con temas anteriores o posteriores, y se esboza lo mejor posible una imagen de lo que es el problema central, sin explicarlo, para incitar al alumno a estudiarlo.

3.2.4. MÓDULO DE INFORMACIÓN

Las unidades están divididas en módulos, éstos con--

tienen la información completa de los temas específicos y por lo tanto son la parte sustantiva de la obra.

El módulo de información es la estructura integrativa del contenido, que por medio de sus elementos metodológicos - permite al alumno adquirir capacidades, destrezas y actitudes para que alcance los objetivos cognoscitivos que le faciliten posteriormente desempeñar sus actividades dentro del diseño.

Cada módulo está trabajado como un bloque independiente, ya que el tema que aborda está totalmente comprendido en él. No obstante tiene una estrecha relación con los módulos que le anteceden, así como con los que se estudian posteriormente, porque todos en su conjunto son el desarrollo de las unidades. En el módulo se desglosa el conocimiento con el propósito de mantener la atención en toda la obra ya que constituye la vía por la cual llega toda la información al estudiante y una manera de lograrlo, es procurando que esté - - estructurado de manera clara, precisa y coherente, pues no es suficiente con la información, si ésta no guarda esos aspectos.

Para poder estimular la actividad funcional del alumno, se procuró que los módulos tuvieran:

- sencillez y claridad en la redacción con especial atención en el uso correcto del lenguaje
- vocabulario accesible, para no caer en el uso - - excesivo de expresiones coloquiales, ni descuidar la integración de nuevos vocablos acordes al grado educativo y a la materia. Es decir la utilización de un lenguaje científico accesible al nivel intelectual de los alumnos
- la amplitud necesaria considerando que la extensión del módulo estuviera equilibrada de acuerdo a los temas y tratando de ejemplificar adecuadamente
- apego a la verdad científica para tener la máxima seguridad en el tratamiento de los temas, y uniformidad para mantener el mismo criterio en el -- desarrollo de los mismos
- acceso a la reflexión y a la creatividad para - - estimular el autodidactismo, ofreciendo al estudiante la oportunidad de ejercitar su comprensión, rapidez en la lectura, capacidad organizativa, -- así como de apreciación e interpretación

Al incluir en el módulo la instrucción completa, la práctica y la realimentación necesarias, se facilita la consecución de los objetivos solicitando del estudiante una participación activa, ya que aunque proporciona todo el material de estudio, no lo presenta resuelto. Es decir los módulos - jerarquizan, organizan y redactan los conocimientos respecti-

vos a los temas, de forma tal que le muestran al alumno la -- información básica que lo motiva a alcanzar las metas propues -- tas al iniciar su estudio.

Los módulos se componen de:

- . . Objetivos específicos
- . Cuadro sinóptico
- . Ideas guía o indicadores específicos. Figuras. - Gráficas. Ecuaciones. Tablas
- . Ejemplos de aplicación
- . Cuestionario de autoevaluación

3.2.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos de cada módulo guardan un - estrecho vínculo con el objetivo general de la unidad, ya que señalan diferentes etapas que se van integrando para la conse - cución del producto final, por tal motivo se consideran - - estrictamente necesarios. No significan de ninguna manera - una limitación para el alumno, ni tampoco lo restringen al -- proponer actividades concretas, sino al contrario, señalan la separación de metas que se identificaron como indispensables - para el desarrollo global de la unidad.

Los objetivos específicos se encuentran al comienzo -

de cada módulo, en ellos se establecen las capacidades que se habrán de obtener con su estudio y para tal efecto están redactados conteniendo lo que se espera que el alumno pueda hacer al terminarlo.

El nivel de profundidad que debe alcanzarse en el estudio del contenido, se plantea implícitamente en términos de lo que se solicita al alumno como meta de su aprendizaje.

Se pueden diferenciar los objetivos específicos del objetivo general, porque denotan una mayor concreción y proponen su logro a corto plazo.

Los objetivos específicos en este material no tienen una relación lineal con los reactivos del cuestionario de autoevaluación, tienen más bien una función orientadora del trabajo a realizar, porque no se utilizaron con el fin de "dosificar el contenido, o para reforzar con frecuencia el proceso", sino que únicamente se plantearon los indispensables para encauzar al alumno. Sin embargo sí constituyen la base para apreciar los resultados del aprendizaje, en este caso independiente, es decir que permiten hacer una evaluación objetiva pues constituyen la meta en función de la cual el tutor y el propio alumno puede constatar su avance.

Hay razones que avalan la necesidad de plantear objetivos específicos, una, es la naturaleza del individuo que le hace querer llegar a una meta, y la otra, es la necesidad en el caso de este material, de tener un criterio bajo el cual - realizar una evaluación para asignarle al alumno una calificación que lo acredite.

3.2.4.2 CUADRO SINÓPTICO

El cuadro sinóptico presenta en forma sintética el -- tema tratado en el módulo, no hace explicaciones, sino que -- rescata del contenido los elementos más importantes y su ordenamiento, con la finalidad de que el alumno tenga una idea -- global de dicho contenido y de la estructuración del módulo.

En ningún caso se trata de que el estudiante memorice los contenidos vía los cuadros sinópticos ya que el único -- papel atribuido a éstos, es el de describir la organización -- espacial de los elementos del contenido. Su función es la -- de ordenar gráficamente, y en un solo plano visual los aspectos más importantes del módulo.

3.2.4.3 IDEAS GUÍA O INDICADORES ESPECIFICOS. FIGURAS. GRÁFICAS. ECUACIONES. TABLAS

Partiendo de que el alumno para comprender algo prime

ro debe prestarle atención, y que ésta se activa mediante - - estímulos externos, se incluyeron en los módulos, las ideas - guía, las figuras, gráficas, ecuaciones y tablas que son precisamente las que cautivan su atención.

Las ideas guía son frases cortas que se encuentran en lugares estratégicos para ubicar los conceptos y puntos que - dentro del contenido tienen más importancia. Se localizan - enfrente del párrafo a que hacen referencia y se presentan -- aisladas para encontrarlas rápidamente y evitar que el alumno tenga que hacer una segunda lectura cuando necesita retomar - solamente algunos párrafos.

La representación icónica del material está lograda - con base en las figuras y gráficas que muestran los conceptos en imágenes que clarifican y facilitan al alumno la asimila-- ción de lo leído. Con este apoyo visual, el alumno logra -- una mejor percepción ya que lo relaciona en ese mismo momento con la teoría.

La representación simbólica está dada por las proposi-- ciones lógicas derivadas de un sistema simbólico, en este - - caso por las ecuaciones y las tablas que se utilizan a lo lar-- go de los módulos.

Todos estos componentes son relevantes pues cada uno de ellos cumple una función primordial dentro de la estructura del material, ya que al estar destinado para la autoenseñanza, se hace necesario proporcionar al alumno todas aquellas directrices que le faciliten su estudio.

En su conjunto las ideas guía, las figuras, las gráficas, las ecuaciones y las tablas, al estar apoyando el material escrito, configuran junto con éste la parte medular de la obra.

3.2.4.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

El material de estudio tiene una serie de ejemplos concretos que se derivan de la secuencia del contenido y que le permiten al alumno corroborar lo que hasta ese momento ha estudiado.

Un ejemplo es un caso o hecho sucedido que se propone y refiere para que se imite y siga. Dentro de los módulos la función de los ejemplos de aplicación no es solamente ilustrativa, sino constructiva ya que a través de ellos se forman y precisan conceptos. Permiten además separar propiedades comunes y hacer generalizaciones relativas a los conceptos, ya que el estudiante con base en las comparaciones entre dife

rentes situaciones presta atención a las semejanzas que guardan entre sí con lo que se le facilita transferir ese conocimiento a otra situación.

En los ejemplos del texto se presenta uno o varios -- problemas con su ejecución y respuesta, porque aunque el - - estudiante podría utilizar lo aprendido en los módulos, directamente en la solución de problemas, el hecho de agregar a lo teórico una regla práctica factible de aplicar en forma directa a una nueva situación, le hará más fácil el proceso de -- transferencia.

De esta forma también se le facilita al alumno la fase de autoevaluación en la que tiene que resolver problemas - similares para alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados, ya que se percata del procedimiento usado en la solución de los ejemplos.

3.2.4.5 CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN

El cuestionario de autoevaluación se presenta al finalizar cada módulo, con el objeto de que el alumno pueda juzgar por sí mismo si entendió o no, y si es capaz de utilizar el contenido del módulo para dar respuesta correcta a las preguntas y a los problemas propuestos. Además le permite conocer

cer su grado de avance en el estudio y por lo tanto saber - -
cuánto aprendió.

La posibilidad de ir resolviendo un cuestionario para cada módulo le permite obtener una retroalimentación inmediata, así como irse preparando para la evaluación final.

El cuestionario de autoevaluación se divide en dos -- partes, una dedicada a preguntas y la otra a solución de problemas. Estas dos secciones tienen la finalidad de alcanzar los objetivos especificados al inicio del módulo, las preguntas están basadas en las ideas principales del contenido. - Sin embargo los problemas que se proponen, tienen la mayor -- importancia debido a que permiten al estudiante practicar sobre lo aprendido y así cerciorarse qué tan bien se está desempeñando respecto a la calidad de su ejecución.

Ahora bien, el tener que solucionar problemas supone para el alumno, haber pasado por diferentes etapas en el proceso de aprendizaje como son la adquisición, la retención y - la recordación y por lo tanto llegar a la generalización, es decir recordar lo aprendido y poderlo aplicar a nuevas situaciones, fenómeno que anteriormente se definió como transferencia del aprendizaje.

Cuando el alumno puede dar respuesta o sea desempeñar se bien en una situación dada y puede hacerlo además en otras similares o diferentes, asegura de alguna manera que ha adquirido el conocimiento. Al darse cuenta de que puede demostrar una actuación que el aprendizaje hizo posible, se percata de que alcanzó el objetivo propuesto, lo que quiere decir que la expectativa inicial en la fase de motivación del aprendizaje se vuelve a confirmar en la realimentación.

3.2.5. SOLUCIÓN DE LOS CUESTIONARIOS DE AUTOEVALUACIÓN

Este apartado se localiza casi al finalizar la unidad y en él se proporciona la solución a los exámenes de autoevaluación que se presentan en los diferentes módulos que la conforman. Constituye la referencia con la cual el alumno comprueba sus propios resultados.

Para que la autoevaluación sea eficaz se proporciona al alumno además de las respuestas correctas, el procedimiento que se siguió para resolver los problemas, con el fin de ayudarlo a descubrir la cantidad y calidad de lo que aprendió, así como en caso de haber tenido dificultades, la causa o razón de éstas, y porqué no, también para reconocer su éxito en el estudio.

Al cotejar el alumno sus resultados con los de las -- respuestas alcanza la retroalimentación que es el fortalecimiento que se obtiene por medio de una respuesta ratificadora como sucede cuando se confirma el equilibrio de una ecuación-algebráica, o mediante la comparación con un modelo. La -- principal característica de la retroalimentación es su naturaleza informativa en cuanto que apoya el aprendizaje.

3.2.6. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Este último elemento del modelo didáctico aparece al final de la obra y tiene como objeto dar a conocer al alumno la relación de recursos bibliográficos y documentales donde -- puede consultar sobre los temas que han sido estudiados en -- las diferentes unidades, para lograr el grado de profundidad que desee y desarrollar de la mejor manera posible las actividades modulares.

La bibliografía general se compone de la bibliografía básica y la complementaria.

La bibliografía básica, está constituida por las fuentes de información que prestan ayuda directa al tema tratado en la unidad. Es recomendable su consulta para la ampliación de los conceptos tratados o bien la aclaración de cualquier -

duda.

La bibliografía complementaria como su nombre lo indica sólo complementa lo expuesto en los contenidos. En ella se desarrollan temas particulares mencionados o tratados some ramente en la unidad por no ser parte esencial del tema de -- interés. Se recurre a ella cuando se quiere profundizar aún más en un tema.

Hasta aquí han sido definidos cada uno de los elementos metodológicos del "modelo didáctico" empleado en la elaboración del material de estudio para enseñanza abierta. Cabe hacer mención de que a la escritura del contenido de la obra, y a la estructuración didáctica del mismo, (pasos 3, 4 y 5) - le antecedieron y sucedieron otros pasos que a continuación - se enumeran:

1. Planeación.- Se contemplaron las características de la población a la que sería dirigido el material, con siderando su situación tanto académica como escolar, - además se tomó en cuenta el tipo de material que ya - existía para tal asignatura.
2. Consideración del contenido.- A partir del plan de - estudios vigente se hizo el inventario de los temas -

que serían incluidos en la obra, proponiendo su presentación de manera tal que se pudiera lograr mejores resultados que los hasta entonces obtenidos.

3. Estructuración del material.- Se organizó el contenido en estructuras significativas facilitadoras del aprendizaje y de la transferencia de los nuevos conocimientos a situaciones similares o diferentes. En esta etapa se le dió un orden lógico al contenido, que permitiera derivar a partir de los propósitos de la materia los objetivos de aprendizaje de las unidades de estudio.
4. Análisis del contenido.- Se identificaron los conceptos y procedimientos que conformarían la parte teórica y práctica del material. Así como la forma de evaluación que se utilizaría para comparar el rendimiento del alumno con los niveles ya estipulados en los objetivos.
5. Secuencias didácticas.- Estas se utilizaron para presentar primeramente la información necesaria para la adquisición del conocimiento y después la práctica necesaria para retenerlo.

6. Revisión del material.- Una vez terminado el texto, una comisión formada por el autor, el asesor pedagógico, un estudiante de la carrera y la jefa de apoyo editorial de la Facultad, hizo observaciones y sugerencias para proponer cambios en caso necesario, antes de que pasara la obra a corrección de estilo.

7. Mecanografía y dibujos.- Una vez concluido el trabajo mecanográfico y de dibujo se llevó a cabo la composición del texto, posteriormente se sometió a una revisión final ya sobre galeras para tener la seguridad de una impresión exenta de errores.

8. Producción.- Una vez realizadas las etapas anteriores es posible proceder a hacer la impresión del material.

4. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Ha sido difícil el camino para lograr la consolidación de la educación abierta, a pesar de ello se han dado pasos firmes especialmente en el nivel superior, prueba de ello son la Open University de Inglaterra, la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España, la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica y el Sistema Abierto de la Universidad Nacional Autónoma de México. A este respecto se puede citar lo que Max Rowe dice:

"La Universidad Abierta parece haber mostrado, mediante el éxito de su trabajo de equipo sobre los cursos, que la libertad académica no se reduce en absoluto dentro de un sistema de aprendizaje abierto" ^{1/}

Ahora bien, para lograr mejores resultados, las instituciones de educación superior que utilizan la metodología de la enseñanza abierta, han tenido que hacer innovaciones para el perfeccionamiento en la operación y manejo de sus elementos principales: alumnos, asesorías y materiales didácticos.

Los diversos sistemas abiertos tienen dentro de sus modelos una organización que los hace diferentes entre sí. Sin embargo, en lo que se refiere a material didáctico, principalmente el impreso, éste se ubica en un lugar especial en

^{1/} Rowe, Max. "Una perspectiva internacional sobre el aprendizaje abierto y el estudio no tradicional" en, EDUTECH No. 11 - p. 32

todos ellos, y por medio de estudios e investigaciones se ha buscado cómo implementarlos, adecuarlos y mejorarlos, proponiendo para ello modalidades dentro de los mismos que redunden en beneficio de los estudiantes.

El material impreso ha sido y seguirá siendo, hasta que las circunstancias actuales cambien con los avances tecnológicos, el recurso básico en la enseñanza abierta para la transmisión de conocimientos y la superación de los individuos.

Los materiales impresos han servido no sólo para el sistema abierto, sino para el sistema escolar formal que los ha utilizado como apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por sus características y bondades permiten un estudio independiente y facilitan en gran medida el autodidactismo, gracias a que cualquier tipo de material de enseñanza -- abierta, ya sea guías de estudio, paquetes didácticos o los consistentes en un texto original, tienen una estructura pedagógica que así lo permite, pues están elaborados siguiendo modelos que aprovechan los principios y las técnicas que se derivan de las principales corrientes teóricas para crear -- las condiciones óptimas para aprender.

Mientras que el material impreso en la educación - -

escolar formal cumple una función de apoyo, en la educación - abierta, por su carácter de apertura en el tiempo y en el - - espacio, se coloca como eje central del proceso de enseñanza - aprendizaje y se apoya a su vez en medios audiovisuales, que - ciertamente en esta modalidad son muy necesarios, pero que si no existiera el material escrito como pilar, servirían muy - - poco.

Cualquier tipo de material impreso de los ya mencionados servirá y deberá ser utilizado, según el área de conocimientos a que vaya destinado, atendiendo a las ventajas o desventajas que presente para el caso. Es decir las ciencias - - sociales y humanísticas necesitarán de un material que como - las guías de estudio o los paquetes didácticos, den toda la - libertad para constatar las distintas corrientes ideológicas - que las sustentan, al referir el trabajo del alumno a fuentes externas al propio material, y al orientar dicho trabajo con actividades de aprendizaje previamente planeadas, que permiten que el alumno conozca una amplia gama de concepciones - - sobre un mismo tema para que con su capacidad crítica y reflexión, pueda hacer su propia reelaboración.

Las ciencias exactas, sin embargo, funcionarán bastante mejor con un material elaborado exprofeso. Este tipo de material es de un alto nivel pues con él se facilita la auto-

didaxia ya que permite al alumno ubicarse dentro de una temática específica, leyendo únicamente lo que necesita con la secuencia adecuada, y evita que se llene de información superficial que le quita tiempo y finalmente no va a ocupar. El material elaborado especialmente para una asignatura, permite - manejar sólo los conceptos y procedimientos más útiles sin necesidad de desviarse hacia lo intrascendente. En Ingeniería, este tipo, es el más apropiado, por lo menos en aquellas materias que se basan en las matemáticas y en la física, como Diseño de Elementos de Máquinas, porque hay que ser muy preci--sos en la organización de los contenidos y en su forma de - - estudio.

En el trabajo intitulado Development of Distance - - Study Material (Desarrollo del Material de Estudio a Distan--cia) John Coffey* menciona que existen por lo menos cuatro - etapas importantes en el diseño de materiales de aprendizaje. Siguiendo sus ideas y por considerar que éstas pueden aplicar se perfectamente a cualquier material, y que además se acer--can notablemente a lo planteado en esta tesis, a continuación se especifican con la adecuación necesaria para el caso.

Secuencia.- Esta puede ser un factor decisivo en el aprendizaje principiamente en algunas materias que como DEM -

* Asesor de los Sistemas de Educación Abierta del Consejo de Tecnología Educativa. Reino Unido de la Gran Bretaña

necesita de pasos lógicos para avanzar y entender lo que viene después. Además permite economizar trabajo y tiempo de estudio, ya que evita repeticiones innecesarias. Las decisiones sobre la secuencia a seguir necesitan del análisis previo sobre los conocimientos y actitudes que se van a requerir del alumno, así como de las tareas que va a realizar posteriormente para lograr los objetivos de aprendizaje, porque aunque él tenga antecedentes de la información, el resto tendrá que aprenderlo, y una secuencia bien planeada le permitirá hacerlo con menor grado de dificultad.

Estrategia.- Tiene que ver con la elección del método de enseñanza, es decir que en esta etapa se piensa sobre la estructuración del material en cuanto a objetivos, formas de estudio, prácticas, y apoyos tales como tutorías.

Los medios audiovisuales en la enseñanza abierta son muy necesarios, pues el abuso de los materiales impresos, por mejores que sean, puede conducir a una falta de interés, y hacer decaer la motivación del alumno. Además se puede balancear el uso de los medios (impresos y audiovisuales) tomando en cuenta el tipo de la materia y haciendo un estudio efectividad-costos.

Producción.- Debe quedar en manos de personas con

experiencia en edición, para que la impresión resulte de buena calidad y al menor costo posible, y así los materiales de estudio lleguen a los alumnos con las mejores características en cuanto a contenido, organización y presentación.

Hasta aquí han sido descritas las conclusiones de - - esta tesis. A continuación se hace una serie de propuestas susceptibles de llevar a cabo para mejorar el material de - - enseñanza abierta de DEM.

El propósito del material didáctico en la educación - abierta ya sea impreso o de apoyo, es ayudar a los alumnos en el estudio independiente, para ello, debe avivar el sentido - de responsabilidad en el estudiante y desarrollar su sentido crítico, así como inducirlo a la formación de procesos autóno mos y proporcionarle los conocimientos necesarios de manera - tal que los pueda manejar por sí mismo.

Para que los materiales de autodidactismo cumplan - - realmente con ese cometido, deben ser valorados de acuerdo a los elementos que lo conforman. El material de DEM pasó por una primera validación de carácter interno que ya se mencionó; sin embargo, resultaría positivo evaluarlo siguiendo para -- ello la tabla que proporciona I. Nérici ^{1/} a la que se le --

1/ Nérici, Imideo. *Hacia una didáctica general dinámica*
p. 331-333

quitaron algunos reactivos por no considerarlos de acuerdo al contenido del material de Ingeniería.

TABLA DE EVALUACION

I Elementos materiales (se considerarán como variables secundarias)

1. Autor (es) _____
2. Estructuración didáctica a cargo de _____
3. Asunto o asignatura _____
4. Indicación (es) del asunto y serie _____
5. Edición _____
6. Año _____
7. Número de páginas _____
8. Editores _____
9. Precio al público _____
10. Tiraje _____

II Elementos de evaluación

Valorización (0-1-2-3-4-5)

1. Elementos materiales

- 1.1. Papel _____
- 1.2. Tipografía _____
- 1.3. Impresión _____
- 1.4. Calidad e ilustraciones _____
- 1.5. Atracción _____

2. Elementos informativos

- 2.1. ¿Son exactos los datos e información? _____

- 2.2. ¿Está actualizado? _____
- 2.3. ¿Satisface el programa del --
curso? _____
- 2.4. ¿Permite mayor posibilidad de
desenvolvimiento para la - -
ampliación del aprendizaje? _____
- 2.5. ¿Los capítulos y/o unidades -
están convenientemente desa-
rrollados? _____
- 2.6. ¿Qué valor tienen las ilustra-
ciones? (adecuadas al texto
o sin relación con él) _____
- 2.7. ¿Presenta cada capítulo y/o -
unidad trozos significativos? _____
- 2.8. ¿Contiene bibliografía útil y
accesible? _____

III 3. Elementos formativos

- 3.1. ¿Contribuye a formar una mente
científica? _____
- 3.2. ¿Orienta hacia la observación
e investigación? _____

4. Elementos didácticos

- 4.1. ¿Es capaz de interesar al lec-
tor? _____
- 4.2. ¿Está escrito precisa, accesi-
ble y sencillamente? _____
- 4.3. ¿Explica debidamente los tér-
minos técnicos? _____
- 4.4. ¿Favorece la exposición el --
ejercicio del espíritu críti-
co y la capacidad de resol-
ver problemas? _____
- 4.5. ¿Está bien ejemplificado? _____
- 4.6. ¿Las unidades concluyen en --
ejercicios graduados? _____
- 4.7. ¿Orienta hacia realizaciones-
prácticas? _____

- 4.8. ¿Las unidades contienen resúmenes y cuadros sinópticos? _____
- 4.9. ¿Destaca lo esencial de cada tema? _____
- 4.10. ¿Ofrece elementos de verificación para comprobar lo aprendido? _____
- 4.11. ¿Tiene índice o tabla de contenidos? _____
- 4.12. ¿El índice o tabla de contenidos es suficientemente explícito que da idea de conjunto sobre los temas tratados y facilita su pronta localización? _____

T O T A L -

Cada reactivo será valorizado de 0 a 5 puntos, de acuerdo a la siguiente escala:

0	=	nulo	3	=	bueno
1	=	pésimo	4	=	muy bueno
2	=	aceptable	5	=	excelente

Suma el puntaje de cada reactivo conforme al total alcanzado, el compendio resultará:

de 0 a 20 puntos	.....	nulo
de 21 a 50 puntos	.....	pésimo
de 51 a 80 puntos	.....	aceptable
de 81 a 114 puntos	.....	bueno
de 115 a 149 puntos	.....	muy bueno
de 150 a 160 puntos	.....	excelente

Se recomienda que el material sea revisado y evaluado con cierta periodicidad, para que esté actualizado y no pierda su vigencia, de no hacerlo así, podría resultar obsoleto - en un lapso de tiempo no muy grande.

También resultaría conveniente que hubiera un banco - de reactivos, que permitiera al alumno presentar el examen de la materia con cualquier maestro que la imparta, y cuando - - esté capacitado para ello, sin tener que esperar por fuerza - el período normal de exámenes, aunque su calificación fuera - registrada en la fecha estipulada para tal fin.

La preparación de cualquier profesionista, en este - - caso del ingeniero mecánico, estaría más completa si pudiera tener un programa de investigación y de servicio sobre un - - problema real concreto, es decir, de generación de conocimientos y aplicación de los mismos a un problema cuyas características hicieran posible la unión de contenidos o técnicas - - (información) que formaran parte de su capacitación y consti-tuyeran de alguna manera una práctica profesional susceptible de identificar y evaluar.

Con lo anterior se hace hincapié en la necesidad de - vincular la teoría con la práctica, ya que la materia Diseño-de Elementos de Máquinas no tiene laboratorio y en una asigna

tura como ésta, es imprescindible. El material impreso en este caso, a pesar de ocupar un lugar primordial, debe ser respaldado con prácticas que permitan al alumno actuar sobre los objetos concretos de su problema de estudio, y con medios audiovisuales que enriquezcan sus conocimientos. Desde luego por las condiciones de los alumnos que siguen un programa de enseñanza abierta, el acceso a los laboratorios, como a las proyecciones, debería ser flexible, ofreciéndoles diferentes posibilidades en cuanto a servicios.

Agregar lo que al respecto de la relación teoría-práctica dice Kosik, servirá para reafirmar lo anterior: "la dicotomía entre teoría y práctica, lleva a consideraciones superficiales de los fenómenos pues no se llega a captar la esencia de los mismos" 1/

El material autodidáctico de DEM concebido integralmente, es una unidad de estudio completa en sí misma, al tratar teórica y prácticamente la totalidad de un proceso definido por el problema de estudio concreto. Sin embargo, si se le adicionara la experimentación, que abarca el descubrimiento y el interés de procesos científicos como planteamiento y prueba de hipótesis, planeación y realización de experimentos

1/ Citado en: Panza, Margarita. "La Enseñanza Modular" en, Perfiles Educativos, No. 11. 1981 p. 41

o ensayos, control y manejo de variables y la posibilidad de inferir con base en los datos obtenidos, daría al estudiante la posibilidad de "aprender haciendo".

BIBLIOGRAFIA

- Arredondo, G. Martiniano. "El concepto de calidad en la educación superior" en, Perfiles Educativos, CISE-UNAM, No. 19, enero-febrero-marzo, 1983. p. 43-52
- Ausubel, David. Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1978. 769 p.
- Batista, Araujo. Tecnología educacional y teorías de la instrucción. Buenos Aires: Paidós, 1976. 163 p. (Biblioteca del educador contemporáneo, serie didáctica)
- Bleger, José. Psicología de la conducta. Buenos Aires: Paidós, 1979. 361 p.
- Temas de psicología. Buenos Aires: Nueva Visión, 1980. 117 p.
- Bruner, Jerome. Hacia una teoría de la instrucción. México: UTEHA, 1972. 234 p. (No. 373, Educación)
- Brown, W. James. et. al. Instrucción audiovisual, tecnología, medios y métodos. México: Trillas, 1977. 581 p.
- Bunge, Mario. La ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Siglo Veinte, 1981. 110 p.
- Cheang Chao, Patricia. "El paquete didáctico", mecanograma, 1982. 20 p.
- Colom, C. Antoni. Sociología de la educación y teoría general de sistemas. Barcelona: Oikos-Tau, 1979. 196 p.

- Contreras, Elsa e I. Ogalde. Principios de tecnología educativa. México: Edicol, 1983. 87 p. (Colección - cuadernos pedagógicos)
- De Buen, L. Odón. "Implementación de una metodología del sistema abierto de aprendizaje para ayudar a la solución del problema de los alumnos que sin terminar sus estudios, han perdido el derecho de inscripción normal" Fac. de Ingeniería, UNAM, mecanograma, s/f. 32 p.
- Díaz, C. Jaime y O. Gutiérrez. Educación permanente. México, Edicol, 1980. 93 p.
- Esc. de Odontología. U.A.B.C. "Módulo: definición, componentes", Clates, 1976. p. 61-68
- Faure, Edgar. Aprender a ser. Madrid: Alianza Editorial, 1973. 426 p.
- Freire, Paulo. Pedagogía del oprimido. México: Siglo XXI, 1970. 245 p.
- Gagné, Robert. Principios básicos del aprendizaje para la instrucción. México: Diana, 1975. 199 p.
- Gagné, Robert y L. Briggs. La planificación de la enseñanza. Sus principios. México: Trillas, 1978. 287 p.
- Gutiérrez, S. Raúl. Introducción a la didáctica. México: Esfinge, 1976. 239 p.
- Guzmán, J. Teódulo. Alternativas para la educación en México. México: Gernika, 1979. 310 p.
- Heredia A. Bertha. Manual para la elaboración de material didáctico. México: Trillas, 1983. 176 p.

- Hilgard, Ernest y G. Bower. Teorías del aprendizaje. México: Trillas, 1977. 718 p.
- Huerta, José. Organización lógica de las experiencias de aprendizaje. México: Trillas, 1978. 175 p. - (Area sistematización de la enseñanza No. 3).
- Malo, Salvador y L. E. López. "El futuro de la educación superior" en, Perfiles Educativos, CISE-UNAM, No. 9, julio-agosto-septiembre, 1980. p. 37-48.
- MacKenzie, Norman et. al. Open Learning: system and problems in post-secondary education. Paris: UNESCO, 1975 498 p.
- Meléndez, Ana. "La educación y la comunicación en México" - en, Perfiles Educativos, CISE-UNAM, No. 5, abril-mayo-junio, 1984. p. 3-17. (Nueva época)
- Merani, Alberto. Naturaleza Humana y Educación. México: Grijalbo, 1977. 186 p.
- Neil, Michael. "Universidad Abierta". Conferencia sobre innovaciones educativas. en, Docencia. No. 3. - junio, 1975. p. 22-38
- Nérici, Imideo. Hacia una didáctica general dinámica. Buenos Aires: Kapelusz, 1973. 524 p.
- Panzsa, Margarita. "Enseñanza modular" en, Perfiles Educativos, CISE-UNAM, No. 11, enero, febrero, marzo, 1981. p. 30-49
- Rowe, Max. "Una perspectiva internacional sobre el aprendizaje abierto y el estudio no tradicional" en, EDUTECH No. 11, enero 1976. p. 24-37

Ruiz, L. Estela. "Reflexiones en torno a las teorías del - - aprendizaje" en, Perfiles Educativos, CISE-UNAM No. 2, julio-agosto-septiembre, 1983. p. 32-47.

Soto, L. Rosario. "La didáctica moderna y el material impreso" en, Boletín Bibliográfico de Sistemas de Educación Abierta, No. 15, julio 1983. p. 39-61

Universidad Nacional Autónoma de México. Evaluación y marco de referencia para los cambios académico-administrativos. enero, 1984. 119 p.

_____ Legislación. 1982. 543 p.

_____ "Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería" 1984

Velasco, U. Raúl. et. al. "Notas acerca del diseño curricular, la definición de fases y el diseño modular: - un ejemplo" UAM-X, 1976. p. 276-286

5. APENDICE

C O N T E N I D O

UNIDAD V TRANSMISIONES POR BANDA Y CADENA

CUADRO DE TERMINOS, CONCEPTOS Y PRINCIPIOS

INTRODUCCION

OBJETIVO GENERAL

MODULO 16 TRANSMISIONES POR BANDA

OBJETIVOS ESPECIFICOS	1
CUADRO SINOPTICO.	2
16.1 GENERALIDADES	3
16.2 TRANSMISIONES POR BANDAS PLANAS	5
16.3 BANDAS PLANAS DE USO INDUSTRIAL	5
16.3.1 BANDAS PLANAS SIMPLES	5
16.3.2 BANDAS PLANAS RANURADAS O DE COSTILLAS.	7
16.3.3 BANDAS TIPO LISTON.	8
16.3.4 BANDAS SINCRONAS O DENTADAS	9
16.4 MATERIALES PARA CONSTRUIR BANDAS PLANAS SIMPLES.	12
16.4.1 BANDAS DE LONA AHULADA.	12
16.4.2 BANDAS DE CUERDA AHULADA.	12
16.4.3 BANDAS DE CONSTRUCCION MIXTA.	13
16.4.4 BANDAS DE CUERO.	13
16.4.5 BANDAS DE TEJIDOS DIVERSOS.	14
16.4.6 BANDAS DE CUERO, HULE O PLASTI COS, CON REFUERZO.	14
16.5 POLEAS PARA BANDAS PLANAS.	14
16.6 DISEÑO DE UNA TRANSMISION POR BANDA PLANA.	17
16.6.1 ANALISIS DE FUERZAS.	17
16.6.2 GEOMETRIA DE LAS TRANSMISIONES POR BANDA.	21
16.6.3 SELECCION DE BANDAS DE CUERO	23
16.6.4 SELECCION DE BANDAS DE LONA AHULADA.	29

16.7	BANDAS V. GENERALIDADES	35
16.8	CODIGO DE IDENTIFICACION DIMENSIONAL Y TERMINOLOGIA.	37
16.9	BANDA V DE USO INDUSTRIAL.	40
16.9.1	BANDAS CLASICAS.	40
16.9.2	BANDAS CLASICAS REFORZADAS O SUPER	40
16.9.3	BANDAS V CORRUGADAS	41
16.9.4	BANDAS CLASICAS ABIERTAS	42
16.9.5	BANDAS V DE ESLABONES.	42
16.9.6	BANDAS DOBLE V.	43
16.9.7	BANDAS DE SECCION ANGOSTA.	43
16.9.8	BANDAS V ENSAMBLADAS	44
16.9.9	BANDAS DE TRABAJO LIGERO	45
16.9.10	BANDAS V DE ANGULO OBTUSO.	45
16.9.11	BANDAS PARA TRANSMISIONES VARIABLES.	46
16.10	POLEAS RANURADAS PARA BANDAS V	46
16.11	DISEÑO DE UNA TRANSMISION POR BANDA V.	47
16.11.1	ANALISIS DE FUERZAS.	47
16.11.2	SELECCION DE LAS BANDAS V.	49
16.12	CARGAS SOBRE LOS APOYOS.	57
	CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION	59

MODULO 17 TRANSMISIONES POR CADENA

	OBJETIVOS ESPECIFICOS	
	CUADRO SINOPTICO.	
17.1	GENERALIDADES	
17.2	CADENAS DE USO INDUSTRIAL	
17.2.1	CADENA DE BOLAS.	
17.2.2	CADENA DESARTICULABLE.	
17.2.3	CADENAS DE ACERO REMACHADAS Y SOLDADAS	
17.2.4	CADENA DE ESLABONES SENCILLOS.	
17.2.5	CADENA DE RODILLOS	

17.2.6 CADENA DE RODILLOS DE PASO DOBLE.

17.2.7 CADENA DE DIENTES INVERTIDOS O SILENCIOSA

17.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

17.4 DISEÑO DE UNA TRANSMISION POR CADENA DE RODILLOS

17.4.1 GEOMETRIA DE LA TRANSMISION.

17.4.2 SELECCION DE UNA TRANSMISION POR CADENA DE RODILLOS

17.4.3 PROCEDIMIENTO DE SELECCION

17.5 CARGAS SOBRE LOS APOYOS

17.6 TABLAS COMPARATIVAS DE LAS TRANSMISIONES

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION ,

SOLUCION A LOS CUESTIONARIOS DE AUTOEVALUACION, . 62

BIBLIOGRAFIA. 74

TERMINOS, CONCEPTOS Y PRINCIPIOS USADOS EN LA UNIDAD V

ESTUDIADOS PREVIAMENTE EN		DESARROLLADOS EN ESTA UNIDAD
OTROS CURSOS	OTRAS UNIDADES	
Fuerza centrífuga	Engranajes Relación de transmisión Velocidad perimetral Distancia entre centros Esfuerzo de trabajo Fatiga Diámetro de paso Eficiencia de una transmisión	Banda o correa Bandas abiertas Bandas unitarias Bandas tipo listón Bandas planas Bandas V Bandas sincronas Poleas con flancos Poleas abombadas Fatiga en una banda Angulo de contacto Código de identificación Poleas ranuradas Coeficiente de fricción equivalente Cadenas precisas Cadenas no precisas Cadenas de bolas Cadenas desarticulables Cadenas remachadas Cadenas soldadas Cadenas de rodillos Cadenas de eslabones sencillos Cadena silenciosa Paso de una cadena Número de una cadena Rueda dentada o catarina

UNIDAD V TRANSMISIONES POR BANDAS Y CADENAS

OBJETIVO GENERAL

Al terminar el estudio de la Unidad, el alumno:

Diseñará transmisiones por bandas o cadenas, determinado el tipo y el tamaño de sus componentes, siguiendo los lineamientos marcados en esta Unidad y los particularizados por el fabricante, y calculará las cargas que sobre las flechas y apoyos induzca dicha transmisión

I N T R O D U C C I O N

Casi todas las máquinas emplean algún tipo de transmisión para conectar flechas giratorias. La necesidad de conectar dos o más flechas paralelas que giran a velocidades distintas es tan frecuente, que se han desarrollado comercialmente transmisiones especiales para ese fin, se incluyen principalmente, las de bandas y cadenas en sus distintos tipos. Las transmisiones por banda, constan de dos elementos básicamente: la banda, cinta o correa y las poleas. La forma de la banda hace que se distingan los diferentes tipos de transmisión, siendo los principales: de banda plana, de banda V o trapezoidal, y de banda dentada.

Las transmisiones por cadena tienen como partes principales la cadena y las ruedas dentadas o catarinas. Existen diversos tipos de cadenas, pero los más empleados para transmitir potencia son la cadena de rodillos y la cadena de dientes invertidos.

En la mayor parte de los casos, las transmisiones estarán constituidas por componentes comerciales, por lo que la labor del diseñador se reduce a seleccionar el tipo y tamaño adecuados siguiendo las indicaciones de los fabricantes, para posteriormente calcular las cargas que dichas transmisiones ocasionarán sobre las flechas y apoyos.

En la Unidad, se han descrito los tipos más comunes de transmisiones, indicando sus ventajas y aplicaciones y se ha ilustrado, para algunos tipos, un procedimiento de diseño que tiene mucho en común con los que recomiendan los fabricantes. Se han incluido, asimismo, los cálculos de reacciones y cargas sobre los apoyos, y algunas recomendaciones prácticas de diseño.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Al terminar el estudio del presente módulo, el alumno:

1. Reconocerá las ventajas y desventajas de las transmisiones por banda.
2. Indicará las aplicaciones de los principales tipos de bandas.
3. Determinará las dimensiones de la banda y las poleas en una transmisión por banda plana y banda V.
4. Calculará las cargas que sobre los apoyos induce una transmisión por banda.

CUADRO SINOPTICO

TRANSMISIONES POR BANDAS	Transmisión con deslizamiento	Bandas Planas Trapezoidales o Bandas V	-Simples -Ranuradas o de Costilla -Tipo Listón -Clásicas -Sección Angosta -Trabajo Ligero -Otras	Reforzadas No reforzadas -Cerrada o Unitaria -Abierta -Reforzadas -No Reforzadas Corrugadas De Eslabones Doble V Eslabonadas De Angulo Obtuso Para Transmisiones Variables
	Transmisión sin deslizamiento	Bandas Planas Sincronas o Dentadas	Perfil Trapezoidal Perfil Semiesférico	

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

ELECCION DEL TIPO DE BANDA A EMPLEAR	DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DE LOS COMPONENTES	CALCULO DE LAS CARGAS SOBRE LOS APOYOS	DISENO DE LOS APOYOS Y ACCESORIOS (UNIDADES II Y VII)
--------------------------------------	---	--	---

16.1 GENERALIDADES

Las transmisiones por banda son el medio más económico de transmitir potencia de una flecha a otra. Las bandas, además de su bajo costo, operan suave y silenciosamente y pueden absorber cargas de choque apreciables. No son tan durables o fuertes como las transmisiones por cadena o engranajes, las cuales se prefieren en casos de servicio pesado. Sin embargo, recientes avances en la producción de materiales de refuerzo y cubiertas, han permitido el empleo de bandas donde anteriormente sólo los engranajes hubiesen sido admisibles.

Características

Comparación con cadenas y engranajes

La banda típica para transmitir potencia es la banda V o trapezoidal. En ella se combinan una gran fuerza tractiva, altas velocidades de operación y larga vida útil. Las bandas tipo listón, son productos muy especializados y no se consideran como elementos para transmitir potencia. Las bandas planas, fueron, históricamente, el primer tipo de bandas empleadas, pero debido a que requieren estar fuertemente tensionadas para poder transmitir potencias considerables, ocasionan el desgaste prematuro de los cojinetes de soporte. En muchos casos han sido suplantados por las bandas V. Las bandas sincronas también llamadas bandas dentadas, son el único tipo que ofrece una transmisión sin deslizamiento.

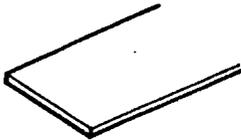
Descripción y cualidad de las bandas típicas

Las bandas modernas son virtualmente todas del tipo unitario o de construcción cerrada. Por esa causa, las máquinas que emplean bandas deberán contar con alguna provisión, ya sea flechas móviles o poleas removibles o seccionadas para permitir el cambio de banda. Los tipos antiguos de bandas, algunas en uso todavía, eran del tipo abierto, con algún dispositivo para cerrarlas, de modo que esto permitía su cambio sin alterar la máquina sobre la que se montaban. Dicho tipo de banda, presenta la desventaja de no poder transmitir tanta potencia como el tipo unitario o cerrado.

Bandas unitarias o cerradas

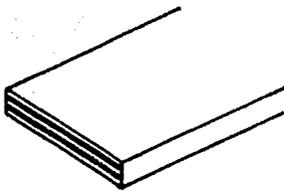
Bandas abiertas

La figura 5.1 muestra en forma esquemática la construcción de los tipos más comunes de bandas y presenta resumidas sus principales cualidades.



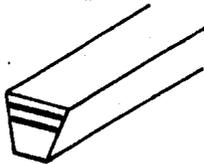
BANDA TIPO LISTÓN

Usada para cargas ligeras y altas velocidades en máquinas de oficinas, aparatos reproductores de discos, cintas y cassetes e instrumentos de laboratorio. Su sección delgada, minimiza la generación de calor y permite el uso de poleas muy pequeñas.



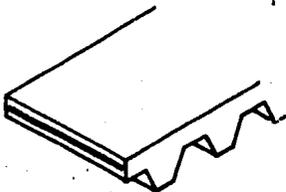
BANDA PLANA

La más flexible de las bandas usadas para transmitir potencia. Puede usarse con poleas pequeñas y en arreglos de serpentín. Su eficiencia de transmisión aumenta con su velocidad de operación.



BANDAS V

Muy resistentes al patinaje. Capaces de transmitir altas potencias. No tan flexibles como las bandas planas.



BANDAS SINCRONAS

Transmisión positiva, sin deslizamiento. Pueden usarse para sincronizar con precisión y para propósitos de poner a tiempo mecanismos giratorios. Capaces de transmitir en una amplia gama de velocidades y potencias. Disponibles en espesores grueso y delgado.

Figura 5.1 Construcción y características de las bandas típicas para transmitir potencia.

16.2 TRANSMISIONES POR BANDAS PLANAS.

V 5

Las bandas planas, en su versión de cuero, sirvieron como base para el desarrollo de la tecnología actual en esta forma de transmisión de potencia, y su empleo se remonta a los días de la revolución industrial. Son capaces de transmitir grandes potencias -hasta 875 kw (500 [Hp])- cuando se emplean bandas anchas y poleas grandes. Tales transmisiones son muy estorbosas y en general las bandas planas han sido desplazadas como medios de transmisión de potencia por las bandas V. Sin embargo siguen empleándose donde el tamaño de la transmisión no es un problema, ya que cuestan menos y son más durables que las bandas V. No obstante, su principal aplicación está en mandos que operan a altas velocidades y bajas cargas.

Generalidades

Aplicaciones

Para una capacidad de transmisión dada, siempre será más compacta una banda V que una plana. Pero la banda plana, en virtud de su delgada sección transversal, puede flexionarse más, trabaja más fría y con mayor duración.

Comparación con las bandas V

Mientras que las bandas V aprovechan la acción de acufamiento entre la banda y la polea, para obtener su fuerza tractiva, las bandas planas dependen de la tensión que se les dé entre las poleas. Así pues, las bandas planas quedan más fácilmente pero tienden a resbalar más, especialmente en los rangos medios de velocidad, adicionalmente, la gran tensión que requieren desgasta con rapidez los apoyos de las flechas sobre las que se montan.

Principios de operación. Bandas V, bandas planas

16.3 BANDAS PLANAS DE USO INDUSTRIAL

16.3.1 BANDAS PLANAS SIMPLES

Ofrecen un medio simple y de bajo costo para transmitir potencia. Superiores a las bandas V para usarse sobre poleas de diámetro pequeño, o para operar a velocidades altas. Pueden hacer funcionar mandos de serpentín con ambos lados de la banda. No ofrecen el agarre de las ban-

das V, y por lo tanto, no pueden transmitir tan altos pares y tienden a resbalar más que aquellas, sobre todo a baja velocidad.

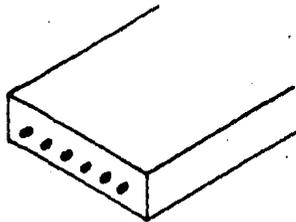


Figura 5.2 Banda Plana

Las bandas planas se fabrican en dos tipos principales: las reforzadas y las no reforzadas. Excepción hecha de las bandas de cuero, el tipo reforzado es el único capaz de transmitir una cantidad considerable de potencia.

Bandas planas, reforzadas y no reforzadas

El tipo de banda no reforzado consiste simplemente de una tira de hule que se instala tensa entre dos poleas. Por lo anterior, se deduce que su aplicación principal está en flechas con distancias entre centros fijas. Son bandas que se emplean para transmitir bajas potencias a bajas velocidades.

Bandas planas no reforzadas

Las bandas reforzadas, en contraste, están concebidas para usos más rudos y pueden transmitir hasta 375 [kw] (500 [Hp]) y operar a velocidades hasta de 50 [m/s] (10 000 [pies/min]).

Bandas planas reforzadas

Existen bandas planas unitarias o cerradas y abiertas o en tiras, que se cortan a la medida. Las bandas unitarias ofrecen la ventaja de no presentar un punto débil y operan más uniformemente.

Bandas planas unitarias y abiertas

El tipo más resistente de las bandas planas reforzadas consiste de un tejido recubierto con material ahulado. Más información acerca de los materiales empleados para construir las bandas planas se da en la sección 16.4

16.3.2 BANDAS PLANAS RANURADAS O DE COSTILLAS

Básicamente iguales a las bandas planas reforzadas, incorporan en su parte inferior una superficie ranurada o con costillas. Las ranuras incrementan la fuerza de agarre, por lo que este tipo de bandas, requiere menos tensión que las bandas planas, pero más que las bandas V. Las bandas planas ranuradas son más eficientes que las planas y en ocasiones aun más que las bandas V.

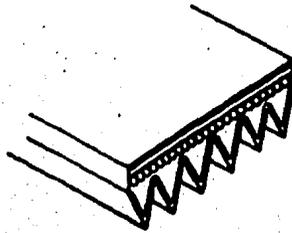


Figura 5.3 Banda plana ranurada o de costilla.

Las bandas planas ranuradas requieren poleas con ranuras que embonen con las suyas. Ese arreglo aumenta el área superficial en contacto y por lo tanto incrementa la fuerza tractiva. La sección transversal de tales bandas es muy delgada, por lo que se minimizan las pérdidas por fricción y el calentamiento.

Las características mencionadas son particularmente atractivas cuando la transmisión demanda poleas pequeñas. Pueden trabajar en transmisiones operando sobre el plano ver

Aplicaciones

tical y con ejes cruzados. En algunos casos se han empleado con éxito en mandos de serpiente.

La capacidad de transmisión de potencia aumenta con su ancho y sólo una banda puede usarse por mando. No se recomienda usarlas cuando las superficies ranuradas rozaran entre sí, como en los mandos de inversión de movimiento a 180°.

Capacidad de transmisión

Las secciones se clasifican con las letras J, L, M, H y K, las dos últimas para aplicaciones automotrices.

16.3.3 BANDAS TIPO LISTON

Frecuentemente clasificadas como bandas planas, forman en realidad un grupo aparte, consisten de una película delgada de plástico o hule, de sólo algunas décimas de milímetro de espesor. Muy usadas para transmitir bajas potencias en altas velocidades, donde ofrecen alta eficiencia y larga vida.

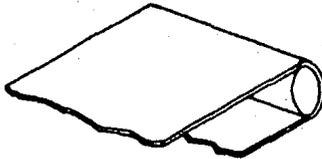


Figura 5.4 Banda tipo listón

Su espesor varía entre 0.127 [mm] y 0.368 [mm]. Ofrecen altas eficiencias, del orden de un 98%, larga vida, en ocasiones superior a 30 millones de ciclos y gran confiabilidad para aplicaciones donde se transmiten bajos pares en altas velocidades, con potencias hasta de 7.5 [kw] (10 [Hp]). Encuentran su principal aplicación en las grabadoras de sonidos, máquinas para oficina y otros servicios similares.

Características funcionales

Aplicaciones

Los dos materiales más empleados para construirlos son el poliéster y el polidamido. El poliéster es más barato y tiene un límite de resistencia a la fatiga de aproximadamente 10^7 ciclos. El polidamido cuesta de 5 a 20 veces más y por ello el poliéster es el material más empleado para construir estas bandas.

Materiales
con que se
construyen

16.3.4 BANDAS SINCRONAS O DENTADAS

Contienen dientes uniformemente espaciados en su cara interior que se acoplan con las ranuras practicadas en las poleas, para producir un mando positivo y sin deslizamiento, parecido al de las cadenas. Son el tipo de banda que requiere menor tensión inicial para operar, al mismo tiempo que ofrecen la más alta eficiencia.

Descripción
y caracte-
rísticas fun-
cionales

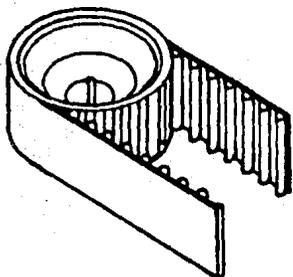


Figura 5.5 Banda sincrona o dentada y su polea.

Las bandas sincronas son más costosas que las bandas estándar, pero ofrecen las ventajas de un mando por cadenas o engranajes y la suavidad, uniformidad y silenciosa operación de una banda.

Las versiones comerciales pueden transmitir hasta 400 [kw] (540 [HP]), y operar a velocidades de hasta 80 [m/s] (16 000 [pies/min]). Se emplean frecuentemente para sustituir cadenas y engranajes con la consecuente reducción de ruido y eliminando la necesidad de baños y sistemas de lubricación. Especialmente recomendada en mandos que requieran altas eficiencias y velocidad de sincronización uniforme.

Capacidad de transmisión y aplicaciones más ventajosas

Las bandas dentadas se refuerzan con cuerdas de acero o fibras de vidrio y los dientes están moldeados en neopreno y recubiertos con una capa de tejido de nylon.

Materiales con que se construyen

Existen dos tipos de perfiles disponibles en el mercado, el trapezoidal y el semiesférico. El trapezoidal fue el primero que se empleó, pero el tipo semiesférico presenta mayor capacidad de transmisión de potencia y su uso se ha extendido por dicha razón.

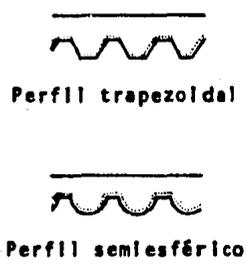


Figura 5.6 Perfiles de las bandas sincronicas

El paso de una banda indica el espaciamiento que existe entre dos dientes consecutivos y está clasificado como se indica en la tabla 5.1 y se ilustra en la figura 5.7.

La máxima relación de transmisión recomendable que puede alcanzarse con bandas dentadas es 8.5:1.

PERFIL TRAPEZOIDAL			
PASO [ptg]	CLASIFICACION	TIPO DE SERVICIO	ANCHOS DISPONIBLES
1/5	XL	Extra Ligero	0.25 y 0.50 [ptg]
3/8	L	Ligero	0.50, 0.75 y 1.00 [ptg]
1/2	M	Peinado	0.75, 1, 1.50, 2 y 3 [ptg]
7/8	MH	Extra Peinado	2, 3 y 4 [ptg]
1 1/4	XMH	Doble Extra Peinado	2, 3, 4, y 5 [ptg]

PERFIL SEMIESFERICO			
PASO [mm]	CLASIFICACION	TIPO DE SERVICIO	ANCHOS DISPONIBLES
8.0 [mm]	8H	Ligero y Peinado	20, 30, 50 y 85 [mm]
14.0 [mm]	14H	Peinado y Extrapeinado	40, 55, 85, 115 y 170 [mm]

Tabla 5.1 Clasificación de las bandas sincromas

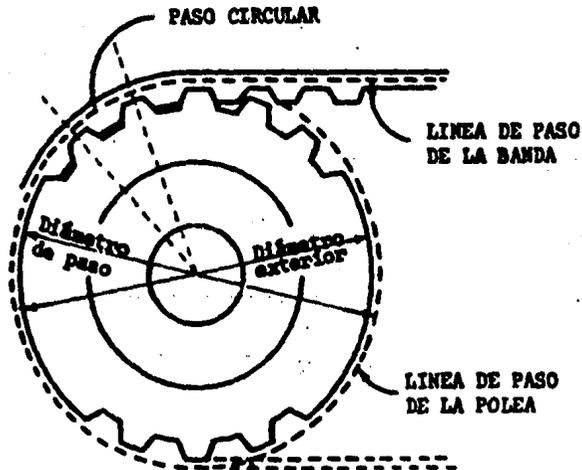


Figura 5.7 Dimensiones principales en una transmisión por bandas dentadas.

Aplicaciones
típicas

Las bandas dentadas pueden aplicarse en muchos campos, siendo algunos de ellos: máquinas herramientas, maquinaria para impresión, maquinaria textil, compresores, aparatos domésticos y equipos para oficina tales como copiadoras, sumadoras, máquinas de escribir, etc.

16.4 MATERIALES PARA CONSTRUIR BANDAS PLANAS SIMPLES

Cualidades
de los ma-
teriales a
emplear

Los materiales para construir una banda plana deben tener, entre otras, las siguientes características: alta resistencia, durabilidad, gran flexibilidad y alto coeficiente de fricción, combinadas con bajo costo y buena resistencia a las condiciones ambientales adversas.

Materiales
más comunes

Las bandas planas industriales se fabrican comúnmente de hule reforzado y cuero, siendo el tipo más empleado el de hule. Las bandas de hule no reforzado se emplean exclusivamente en transmisiones de baja potencia

16.4.1 BANDAS DE LONA AHULADA

Característi-
cas construc-
tivas y funci-
onales

Las bandas que se construyen con lona ahulada son las de menor costo. Consisten simplemente de varias capas de lona de algodón o material sintético, impregnadas de hule. Para anchos y espesores similares, este tipo de bandas transmite menos potencia y tiene una vida más corta que las de cuero. Comúnmente vienen en rollos y se cortan al largo requerido y unidas mediante terminales o pegamento, aunque también existen bandas unitarias. En ambas versiones, su velocidad máxima de operación es 30 [m/s] (600 [pies/min])

16.4.2 BANDAS DE CUERDAS AHULADAS

Característi-
cas funciona-
les

Las bandas construídas con estos materiales son sólo del tipo unitario y no están diseñadas para ser fragmentadas.

En lugar de capas de lona, están reforzadas con cuerdas impregnadas en hule, que corren en forma longitudinal, lo cual incrementa su resistencia, pues el material de refuerzo se encuentra alineado con la carga de tensión. Las bandas de cuerdas ahuladas pueden transmitir hasta un 50% más de carga que las de lona ahulada. La capacidad máxima está en el rango de los 375 [kw] (500 [Hp]). Su construcción es más robusta y la capacidad de absorción de choques es limitada. Con esa forma de refuerzo están construidas las bandas síncronas y otras bandas de gran resistencia.

16.4.3 BANDAS DE CONSTRUCCION MIXTA

La combinación de la lona y las cuerdas como material de refuerzo, ofrece la resistencia de las cuerdas y la durabilidad superficial de la lona. Las bandas de construcción mixta pueden obtenerse en capas sencillas y en múltiples capas. Las bandas de capa sencilla, cuentan con una capa de lona y una de cuerdas, son muy resistentes y flexibles. Las de múltiple capa, incorporan varias capas de cuerdas, ofreciendo una gran resistencia a la tensión, aunque su flexibilidad es limitada, por lo que requieren poleas de gran diámetro.

Ventajas

Encuentran su aplicación en mandos de serpentín y en la transmisión de grandes cargas.

Existen numerosas configuraciones, para cubrir requerimientos tales como mínima elongación, máxima velocidad y otros.

16.4.4 BANDAS DE CUERO

Las bandas de cuero pueden transmitir cargas muy significativas, llegando a 375 [kw] (500 [Hp]), con vidas sumamente largas. Sin embargo, son costosas y deben ser

Buena capacidad y larga vida, pero requieren mantenimiento periódico

limpiadas y recubiertas con aditivos frecuentemente. Tienen tendencia a alargarse con el uso y normalmente están limitadas a trabajar en altas velocidades.

16.4.5 BANDAS DE TEJIDOS DIVERSOS

Las bandas construidas con fibras naturales o sintéticas se impregnan con recubrimientos químicos o con hule. La mayor ventaja que presentan es la uniformidad con que transmiten la potencia.

16.4.6 BANDAS DE CUERO, HULE O PLASTICOS, CON REFUERZOS

Consisten de una cinta de nylon u otro plástico de alta resistencia recubierta por uno o ambos lados con una película de cuero, hule u otro material de alta adherencia, con lo que se obtienen todas las ventajas de los materiales de recubrimiento, más una altísima resistencia a la tensión. Son capaces de transmitir hasta 3 [kw] por [mm] de ancho (100 [Hp] por [plg]) y de operar hasta a 200 [m/s] (40 000 [pies/min]).

Es una construcción muy resistente y de buenas propiedades de transmisión

16.5 POLEAS PARA BANDAS PLANAS

Las poleas para bandas planas deben disponer de algún medio para asegurar la operación de la transmisión sin que la banda se salga de ellas. Lo que se puede lograr abombando la parte central de la polea o poniendo flancos en la polea plana.

Poleas biseladas y abombadas

Las poleas abombadas son las más empleadas. El aumento de diámetro debe limitarse para no inducir esfuerzos demasiado grandes en la parte central de la banda; el máximo abombado recomendable es de 3.2 [mm] (1/8 [plg]). Ver figura 5.8.



Figura 5.8 Sección de una polea abombada.

El abombado debe ser menor para poleas en las que se monten bandas construidas con refuerzo de cuerdas ahuladas, ya que no permiten alargamientos considerables. Para poleas con esa aplicación y de hasta 250 mm de diámetro 1 mm de abombamiento resulta suficiente.

Las poleas con flancos se usan en transmisiones en las que resulta difícil mantener la banda montada, tal como en los mandos cruzados o semicruzados.

El flanco (ver figura 5.9) será menor cuando se empleen bandas de cables o cuerdas ahuladas, sobre todo cuando sean de acero o fibra de vidrio.

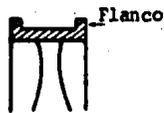


Figura 5.9 Sección de una polea con flancos.

Para bandas de hasta 150 [mm] (6 [plg]) de ancho, las poleas deberán ser al menos 25 [mm], (1 [plg]) más anchas. Con bandas de anchos superiores a los 150 [mm] (6 [plg]) más anchas. Lo que no debe tomarse como una regla inflexible, pues con transmisiones perfectamente alineadas, las poleas pueden ser del mismo ancho de la banda.

Ancho de las poleas

Las poleas para las bandas ranuradas deben ser las adecuadas al tipo de banda particular que se emplee. Las poleas para bandas dentadas no pueden abombarse, así que en una transmisión por bandas dentadas, al menos una de las poleas debe tener flancos para mantener apropiadamente alineada la banda.

Las poleas se fabrican de acero, de fundición de hierro, de madera, de anillos de madera unidos a cubos de fundición y de papel comprimido.

Materiales
empleados
para cons-
truir las
poleas

Es importante balancear las poleas a la velocidad de operación esperada. Los esfuerzos en la llanta exterior deben mantenerse en un nivel aceptable, para lo cual se limita su velocidad perimetral. La tabla 5.2 enlista las velocidades perimetrales máximas para los materiales más comunes. La tabla 5.3 ofrece los valores de los coeficientes de fricción que se obtienen de las combinaciones de materiales en la banda y la polea.

MATERIAL	V_{max} [m/s]	V_{max} [pies/min]
Fundición de Hierro	18 - 23	3 500 - 4 500
Acero	20 - 28	4 000 - 5 500
Madera	25 - 30	5 000 - 6 000
Madera y Fundición	40 - 50	8 000 - 10 000
Papel o Fibras comprimidas	40 - 50	8 000 - 1 000

Tabla 5.2 Velocidades perimetrales. Límite para poleas planas.

MATERIAL DE LA POLEA	MATERIAL DE LA BANDA	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
Fundición o Acero	Cuero	0.40
Fundición o Acero	Lona o Cuerdas Ahuladas	0.25
Papel o Madera	Cuero	0.50
Papel o Madera	Lona o Cuerdas Ahuladas	0.40
Cualquier material en ambiente húmedo o grasoso	Cualquier material	0.10 - 0.20

Tabla 5.3 Coeficiente de fricción para transmisiones por banda plana.

16.6 DISEÑO DE UNA TRANSMISION POR BANDA PLANA

16.6.1 ANALISIS DE FUERZAS

Las fuerzas que actúan en una transmisión por banda, pueden visualizarse si se considera una correa continua tensada entre dos poleas, tal como la que se muestra en la figura 5.10. Cuando la transmisión no está en uso, la tensión inicial en la banda es F . Cuando la polea motriz gira, la fuerza en el ramal tenso se incrementa hasta F_1 , y en el ramal flojo, se reduce hasta F_2 . El ramal de la banda que actúa tenso depende del sentido de rotación de la polea motriz, siendo invariablemente aquel, que entra, o llega a ella. Para propósitos de cálculo resulta conveniente considerar que la tensión promedio no cambia, es decir:

$$F = (F_1 + F_2) / 2 \quad \dots (5.1)$$

Funcionamiento

Tensiones sobre la banda

Fuerza de tensión promedio

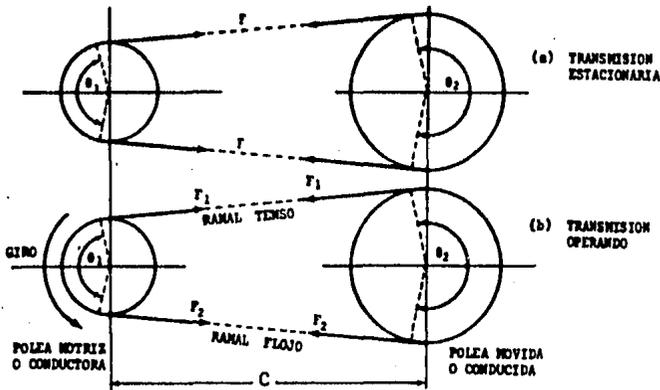


Figura 5.10 Configuración de una transmisión por bandas planas. a) Fuerza en estado estacionario. b) Fuerzas cuando está en funcionamiento.

El valor límite de la relación entre las fuerzas F_1 y F_2 , se da en el punto en que la fuerza de fricción entre la banda y la polea es la necesaria para transmitir el par sin deslizamiento. Esta relación, como puede demostrarse está dada por la ecuación:

$$\frac{F_1 - F_2}{F_2 - F_c} = e^{\mu\theta} \quad \dots (5.2)$$

Relación en
tre las
fuerzas en
una banda
plana

donde:

- F_1 = tensión en el lado tenso de la banda,
- F_2 = tensión en el lado flojo de la banda,
- F_c = fuerza centrífuga sobre la banda,
- μ = coeficiente de fricción entre la banda y la polea,
- θ = arco de contacto sobre la polea, (radianes)

La fuerza centrífuga se debe a la velocidad tangencial de la banda y su valor se obtiene de la ecuación:

$$F_c = m V^2 \quad \dots (5.3)$$

Fuerza centrífuga en una banda

en la que:

$$m = \gamma b t \quad \dots (5.4)$$

$$V = (\pi D N / 60) \quad \dots (5.5)$$

donde:

- m = masa por unidad de longitud [kg/m]
- γ = densidad de la banda, [kg/m³]
- b = ancho de la banda, [m]
- t = espesor de la banda, [m]
- V = velocidad de la banda, [m/s]
- D = diámetro de la polea, [m]
- N = velocidad angular de la polea, [rpm]

Si $F_c \ll F_1, F_2$, el efecto de la fuerza centrífuga se desprecia, quedando:

$$e^{\mu\theta} = F_1/F_2 \quad \dots (5.6)$$

Relación simplificada entre las fuerzas

Con objeto de mantener al mínimo el deslizamiento en la transmisión, el valor de la relación entre las tensiones debe mantenerse cerca de 3, para un ángulo de 180°. En base a este criterio, pueden obtenerse los valores correspondientes a cualquier otro ángulo de contacto. La fuerza efectiva de transmisión, está dada por $(F_1 - F_2)$, y la relación entre la fuerza efectiva de transmisión y la potencia a transmitir es:

Recomendación para diseñar

$$W = \frac{\pi D N (F_1 - F_2)}{60} \quad [W] \quad \dots (5.7)$$

6

$$H.P. = \frac{\pi D N (F_1 - F_2)}{33\,000} \quad [H.P.] \quad \dots (5.8)$$

Potencia transmisible por medio de una banda plana

donde:

D = diámetro de la polea motriz
[m] en 5.7 [pies] en 5.8

N = velocidad angular de la polea
[rpm]

(F₁ - F₂) = fuerza efectiva de transmisión
[N] en 5.7, [lb] en 5.8

Analizando estas ecuaciones, se observa que la potencia transmisible por medio de una banda depende de su velocidad (V = π DN). A mayor velocidad mayor potencia. Sin embargo, al crecer demasiado la velocidad, la fuerza centrífuga tiende a separar la banda de la polea, por lo que, en diseño es recomendable usar 10 m/s < V < 25 m/s (2 000 pies/min < V < 5 000 pies/min) y en ausencia de otros datos o limitaciones es recomendable usar V = 20 m/s.

Análisis de las ecuaciones de potencia

Límites de velocidad

El área seccional de la banda requerida para transmitir una potencia dada, se obtiene utilizando el valor del esfuerzo de trabajo del material de la banda, S_T, asociado a la fuerza máxima sobre la misma, esto es:

$$S_T = \frac{F_1}{A} = \frac{F_1}{bt} \quad [N Pa] \quad \dots (5.9)$$

Esfuerzo de trabajo para una banda

Los espesores, t, y los anchos b, están normalizados para los materiales más usados en la fabricación de bandas planas.

Ya que la rotura de las bandas es debida principalmente a la fatiga, su duración dependerá de la velocidad de operación del diámetro de las poleas, de la tensión sobre ellas y de su largo total. Con objeto de obtener una vida útil aceptable, el diámetro de las poleas no debe ser menor que 100 veces, el espesor de la banda. Sin embargo, los datos de diseño, se obtienen directamente de los fabricantes.

Fatiga en las bandas

Debido a las características de elasticidad requeridas en los materiales para fabricar las bandas (cuero, hules, materiales sintéticos), y a la naturaleza de la transmisión, durante su operación, el ramal tenso de la banda se alarga más que el ramal flojo, consecuentemente, la polea conductora siempre recibe una longitud de banda mayor a la que entrega, ocurriendo lo contrario en la polea conducida. Esto crea un movimiento relativo entre la polea y la banda conocido como defasamiento de la transmisión y que no debe confundirse con el deslizamiento o patinaje de la banda anteriormente mencionado.

Defasamiento en una transmisión por banda

La potencia transmisible por medio de bandas planas, está limitada por la resistencia de la banda, por el patinaje de la banda sobre la polea y por las dimensiones de los componentes.

Límite a la potencia transmisible

16.6.2 GEOMETRIA DE LAS TRANSMISIONES POR BANDA

Los arreglos más comunes para montar las transmisiones por bandas son el de banda abierta y el de banda cruzada. Ambos arreglos se muestran en la figura 5.11.

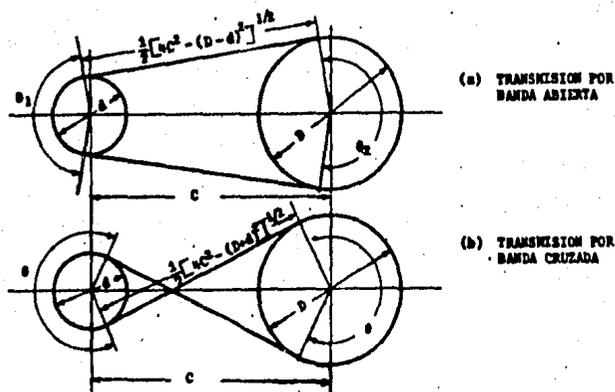


Figura 5.11 Angulos de contacto y dimensiones

De la geometría de la transmisión por banda abierta en la figura 5.11.a, el ángulo de contacto para la polea chica y la grande es respectivamente:

$$\theta_1 = \pi - 2 \operatorname{ang} \operatorname{sen} \left(\frac{D-d}{2C} \right) \quad [\text{rad}] \quad \dots (5.10)$$

$$\theta_2 = \pi + 2 \operatorname{ang} \operatorname{sen} \left(\frac{D-d}{2C} \right) \quad [\text{rad}] \quad \dots (5.11)$$

Ángulos de
contacto
banda
abierta

y el largo total de la banda ℓ es:

$$\ell = \left[4C^2 - (D-d)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{2} (D\theta_2 + d\theta_1) \quad [\text{m}] \quad \dots (5.12)$$

Longitud de
banda abier
ta

Es conveniente mencionar, que para una transmisión horizontal por banda abierta, como la que se muestra en la figura 5.11.a, es posible obtener un ángulo de contacto mayor si se consigue que el lado flojo de la banda sea el de la parte superior.

Criterio de
operación

Para la transmisión por banda cruzada figura 5.11.b, el ángulo de contacto en ambas poleas es el mismo y está dado por la siguiente relación:

$$\theta = \pi + 2 \operatorname{ang} \operatorname{sen} \left(\frac{D+d}{2C} \right) \quad [\text{rad}] \quad \dots (5.13)$$

Ángulo de
contacto
banda cruza
da

el largo total de la banda se obtiene como:

$$\ell = \left[4C^2 - (D+d)^2 \right]^{1/2} + \frac{\theta}{2} (D+d) \quad [\text{m}] \quad \dots (5.14)$$

Longitud de
banda cruza
da

16.6.3 SELECCION DE BANDAS DE CUERO

Las bandas de cuero son las bandas planas más empleadas y se especifican como de simple, doble y triple capa, de acuerdo al número de capas de cuero empleadas en su construcción.

Clasificación de las bandas de cuero

Atendiendo a la simplificación del procedimiento de cálculo para seleccionar la banda adecuada la ALBA (American Leather Belting Association) ha editado tablas en que se enlistan las características de las bandas. El procedimiento de selección que se propone en esta obra, sigue las recomendaciones de esa asociación. El procedimiento de selección comprende los siguientes pasos:

- 1) Para seleccionar el diámetro de la polea motriz, debe consultarse la tabla 5.4, eligiendo en forma tentativa uno de los espesores de banda y quedando de ese modo fijo el valor del diámetro mínimo que podría usarse.

Procedimiento de selección de bandas planas de cuero

Si no se cuenta con datos o especificaciones que determinen el valor del diámetro a usar, éste deberá fijarse tomando en cuenta que la velocidad perimetral recomendada está en el rango de $10 \text{ [m/s]} < V < 25 \text{ [m/s]}$ de acuerdo a lo visto en la sección 16.6.1, del presente módulo.

- 2) Se obtiene la velocidad perimetral correspondiente al diámetro de la polea motriz y la velocidad angular del motor, mediante la ecuación siguiente:

$$V = (\pi DN / 60) \text{ [m/s]} \quad \dots (5.15)$$

- 3) Con dichos datos se acude a la tabla 5.5 para obtener la capacidad de transmisión de potencia por $[\text{mm}]$ de ancho de la banda. A tal dato se le denomina factor K.

- 4) Los factores de corrección por tipo de motor (M), diámetro de la polea (P) y condiciones de operación (F), se buscan en las tablas 5.6, 5.7 y 5.8 respectivamente.
- 5) Con los factores de corrección y los datos anteriormente obtenidos, se aplican las ecuaciones siguientes:

$$b = \frac{R \times M}{K \times P} \quad [\text{mm}] \quad \dots (5.16)$$

donde:

b = ancho de banda a emplear [mm]

R = potencia nominal del motor [kw]

$$W = \frac{b \times K \times P}{M \times F} \quad [\text{kw}] \quad \dots (5.17)$$

donde:

W = potencia transmisible por la banda [kw]

Si el ancho encontrado con la ecuación 5.16 no corresponde con lo sugerido en la tabla 5.4, se elige un nuevo espesor y se repite el procedimiento.

NUMERO DE CAPAS		SENCILLA		DOBLE			TRIPLE	
ESPESOR	En Pulgadas	11/64	13/64	18/64	20/64	23/64	30/64	34/64
	En Milímetros	4.36	5.16	7.14	7.94	9.13	11.90	13.49
DIAMETROS MINIMOS PARA BANDAS DE:								
Hasta 200 [mm] de ancho		0.076	0.127	0.152	0.203	0.305	0.508	0.610
Más de 200 [mm] de ancho		--	--	0.203	0.250	0.350	0.610	0.915

Tabla 5.4 Diámetros mínimos de poleas para bandas planas en [m].

VELOCIDAD DE LA BANDA m/s	UNA SOLA CAPA (ESPESOR)		CAPA DOBLE (ESPESOR)			CAPA TRIPLE (ESPESOR)	
	11/64" (4.4)	13/64" (5.2)	18/64" (7.1)	20/64" (7.9)	23/64" (9.1)	30/64" (11.9)	34/64" (13.5)
	MEDIA	PESADA	LIGERA	MEDIA	PESADA	MEDIA	PESADA
3	0.032	0.035	0.044	0.053	0.065	0.074	0.082
4	0.041	0.050	0.065	0.071	0.085	0.097	0.106
5	0.053	0.062	0.076	0.091	0.106	0.121	0.132
6	0.062	0.074	0.091	0.109	0.126	0.144	0.159
7	0.074	0.085	0.103	0.126	0.144	0.168	0.185
8	0.082	0.097	0.118	0.144	0.172	0.191	0.209
9	0.094	0.109	0.132	0.159	0.182	0.215	0.235
10	0.100	0.124	0.144	0.176	0.203	0.238	0.262
12	0.123	0.144	0.159	0.209	0.241	0.279	0.306
14	0.144	0.165	0.200	0.241	0.279	0.323	0.356
16	0.159	0.185	0.223	0.270	0.312	0.362	0.397
18	0.173	0.203	0.244	0.297	0.344	0.394	0.435
20	0.188	0.218	0.265	0.320	0.372	0.426	0.470
22	0.203	0.232	0.282	0.344	0.394	0.453	0.497
24	0.212	0.244	0.297	0.362	0.415	0.476	0.527
26	0.221	0.253	0.309	0.376	0.429	0.494	0.544
28	0.226	0.259	0.318	0.385	0.441	0.509	0.559
30	0.229	0.262	0.320	0.388	0.447	0.517	0.567

Tabla 5.5 Potencia transmisible [kw] por milímetro de ancho de bandas de cuero curtidas con tanino de roble. (Factor K).

TIPO DE MOTOR Y ARRANQUE	COEFICIENTE M
Jaula de Ardilla, arranque por compensador	1.5
Jaula de Ardilla, arranque por línea	2.0
Anillo deslizante, gran par de arranque	2.5

Tabla 5.6 Factor de corrección M para el tipo de motor y características de arranque.

DIAMETRO DE LA POLEA PEQUERA [m]	FACTOR DE CORRECCION P
Hasta 0.10	0.5
0.11 a 0.20	0.6
0.21 a 0.30	0.7
0.31 a 0.40	0.8
0.41 a 0.75	0.9
Más de 0.75	1.0

Tabla 5.7 Factor de corrección P. por diámetro de la polea pequeña.

CONDICION DE FUNCIONAMIENTO	FACTOR F
Ambiente grasoso, húmedo polvoriento	1.35
Transmisiones verticales	1.20
Carga con choque ligero	1.20
Choques y cargas que cambian de sentido	1.40

Tabla 5.8 Factor de corrección F para condiciones especiales de operación.

Un motor de inducción tipo jaula de ardilla, de 11.2 [kw] (15 [HP]) de potencia que gira a 1750 [rpm] con arranque por líneas, tiene montada una polea de 0.203 [m] (8 [plg]) de diámetro y mueve cierto equipo a través de una polea de 0.406 [m] (16 [plg]) de diámetro. ¿De qué es pesor y de qué ancho deberá ser una banda de cuero para esta aplicación?

PASO 1) Ya se cuenta con el diámetro de la polea motriz (D = 0.203 [m]).

PASO 2) La velocidad perimetral es:

$$V = (\pi DN/60) \quad [m/s]$$

$$V = (\pi \times 0.203 \times 1750)/60 = 18.6 \quad [m/s]$$

PASO 3) Espesor y ancho en función del diámetro.

En la tabla 5.4, se encuentra que, para una polea de 0.203 [m] como la empleada aquí, y con una banda de menos de 200 [mm] de ancho, el espesor a emplear es doble de 7.94 mm. (20/64 [plg]).

PASO 4) Potencia transmisible por [mm] de ancho.

En la tabla 5.5, y con los datos de velocidad y espesor se encuentra que es posible transmitir, usando una interpolación lineal entre 18 y 20

$$K = 2.97 + \left[\frac{0.32 - 0.297}{20 - 18} \right] \times 0.6 = 0.3039 \quad [kw/cm]$$

PASO 5) Factores de corrección.

El factor de corrección del motor M, vale tomado de la tabla 5.6:

$$M = 2.0$$

El factor de corrección por diámetro P, tomado de la tabla 5.7 vale:

$$P = 0.6$$

PASO 6) Cálculo del ancho.

De acuerdo a la ecuación 5.16, el ancho a emplear es:

$$b = \frac{R \cdot x \cdot M}{K \cdot x \cdot P}$$

$$b = \frac{11.2 \cdot x \cdot 2}{0.3039 \cdot x \cdot 0.6} = 122.8 \text{ [mm]}$$

Se empleará una banda de doble capa media de 125 [mm] de ancho. Si existiera alguna condición especial de operación, este ancho se multiplicaría por el factor correspondiente, obtenido en la tabla 5.8.

EJEMPLO DE APLICACION

Determine la capacidad de transmisión de potencia de una banda de 200 [mm] de ancho, de doble capa pesada, operando entre una polea de fundición de 1.20 [m] de diámetro girando a 200 [rpm] y una polea de fundición de 0.40 [m] de diámetro y que mueve un ventilador. La transmisión es horizontal y el ambiente polvoso.

La velocidad perimetral de la banda es:

$$V = \frac{\pi \cdot x \cdot 1.20 \cdot x \cdot 200}{60} = 12.5 \text{ [m/s]}$$

La capacidad de transmisión de la banda por cm de ancho es:

$$K = 2.41 + \left(\frac{0.297 - 0.241}{14 - 12} \right) 0.5 = 0.2505 \text{ [kw/mm]}$$

El factor M es igual a 1, ya que no se trata de una transmisión entre un motor y una máquina.

$$M = 1$$

El factor de corrección por diámetro, P es:

$$P = 0.80$$

obtenido de la tabla 5.7.

La condición de operación es especial, por lo tanto el factor F es, de la tabla 5.8, para ambientes polvosos:

$$F = 1.35$$

La capacidad de transmisión de potencia es, utilizando la ecuación 5.17:

$$W = \frac{b \times K \times P}{M \times F}$$

$$W = \frac{200 \times 0.2505 \times .80}{1 \times 1.35} = 29.69 \text{ [kw]} (40 \text{ HP})$$

16.6.4 SELECCION DE BANDAS DE LONA AHULADA

No obstante que el cuero ocupa un lugar prominente entre los materiales para construir bandas planas, las bandas de lona ahulada tienen gran aplicación sobre todo donde las condiciones ambientales son adversas al cuero, como en ambientes húmedos, corrosivos o donde se tiene una elevada temperatura.

Aplicación

La principal desventaja de las bandas de lona ahulada, es que con el desgaste, se forma sobre la parte expuesta de la lona una superficie vidriada de un bajísimo coeficiente de fricción. Las mejores condiciones de operación se obtienen usando poleas de papel o madera.

Desventaja

Las bandas de lona ahulada se clasifican de acuerdo al número de capas de cuerdas que las formen, variando éstas entre 3 y 12. Para su selección se recomienda seguir los siguientes pasos:

- 1) Se elige el número de lonas, de acuerdo a la potencia a transmitir, usando la tabla 5.9.
- 2) Se selecciona un diámetro de poleas adecuado para dar la relación de transmisión deseada, usando los mayores diámetros que se puedan emplear, de acuerdo con las limitaciones de espacio y considerando que la velocidad perimetral límite es de 30 [m/s] (6000 [pies/min]), y que se recomienda, que en ausencia de datos específicos $V \leq 20 \text{ [m/s]}$. Una guía acerca del diámetro mínimo a usar, de acuerdo al número de capas de lona de la banda, se da en la tabla 5.10.
- 3) De la tabla 5.11, se obtiene la potencia transmisible por milímetro de ancho de la banda, para un ángulo de contacto de 180° .
- 4) Se calcula el arco de contacto mediante la ecuación 5.10 ó 5.13, dependiendo del arreglo de la transmisión y se consulta en la tabla 5.12 el valor del factor de corrección por ángulo de contacto, multiplicándose por la potencia obtenida en el paso anterior. De este modo se corrige la potencia transmisible por [mm] de ancho:

$$K' = K \times A \text{ [kw/mm]} \quad \dots (5.18)$$

- 3) Se divide la potencia máxima del motor entre la potencia transmisible corregida, (K') que se obtuvo en el paso anterior, para obtener el ancho de la banda. Si el ancho así encontrado no está de acuerdo con el sugerido en la tabla 5.13, se repite el procedimiento usando más o menos capas, de acuerdo a lo requerido.

Clasificación

Procedimiento de selección de bandas de lona ahulada

Potencia transmisible por [mm] de ancho de la banda ahulada

POTENCIA A TRANSMITIR EN kw	NUMERO DE LONAS
1.0 - 30.0	3
6.5 - 50.0	4
20.0 - 120.0	5
40.0 - 200.0	6
Más de 80	De 7 a 12 capas

Tabla 5.9 Número de capas recomendadas de acuerdo a la potencia transmitida..

NUMERO DE LONAS	VELOCIDAD DE LA POLEA [m/s]		
	MENOS DE 10	10 - 20	MÁS DE 20
	DIAMETRO MINIMO DE LA BANDA [m]		
3	0.07	0.10	0.12
4	0.12	0.15	0.20
5	0.18	0.20	0.25
6	0.25	0.30	0.35
7	0.35	0.40	0.45
8	0.45	0.50	0.55
9	0.55	0.60	0.70
10	0.70	0.80	0.90
12	0.90	1.05	1.20

Tabla 5.10 Diámetro mínimo de las poleas a emplear con bandas de lona ahulada de acuerdo a su velocidad.

NUMERO DE LONAS	VELOCIDAD PERIMETRAL DE LA BANDA (m/s)									
	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5
3	0.035	0.053	0.070	0.085	0.103	0.117	0.126	0.135	0.144	0.153
4	0.050	0.073	0.094	0.117	0.138	0.159	0.170	0.182	0.194	0.206
5	0.062	0.091	0.120	0.147	0.173	0.200	0.220	0.232	0.247	0.258
6	0.079	0.115	0.153	0.188	0.220	0.250	0.276	0.310	0.317	0.326
7	0.091	0.132	0.176	0.217	0.256	0.294	0.314	0.341	0.373	0.382
8	0.103	0.153	0.203	0.250	0.294	0.335	0.364	0.391	0.414	0.435
9	0.117	0.170	0.226	0.282	0.329	0.379	0.411	0.441	0.467	0.490
10	0.129	0.191	0.253	0.311	0.334	0.420	0.455	0.490	0.520	0.546
12	0.156	0.229	0.303	0.376	0.441	0.505	0.546	0.587	0.623	0.655

Tabla 5.11 Potencia transmisible en [kw] por [mm] de ancho de la lona ahulada. (Factor (K)).

ARCO DE CONTAC- TO	GRADOS	180	170	160	150	140	130	120
	RADIANES	3.14	2.97	2.79	2.62	2.44	2.27	2.09
FACTOR DE CORREC CCION		1.0	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70

Tabla 5.12 Corrección por ángulo de contacto. Banda de lona ahulada. (Factor A).

ANCHO DE BANDA cm	NUMERO MINI MO DE LONAS	NUMERO MAXI MO DE LONAS	ANCHO DE BANDA cm	NUMERO MINI MO DE LONAS	NUMERO MAXI MO DE LONAS
5	3	5	40	5	8
7.5	3	6	45	5	8
10.0	3	6	50	5	9
12.5	4	6	55	5	9
15.0	4	6	60	6	10
20.0	4	6	65	6	10
25.0	4	7	75	6	12
30.0	4	7	90	7	12
35.0	5	8	105	7	12

Tabla 5.13 Número de capas recomendadas para distintos anchos de banda de lona ahulada.

EJEMPLO DE APLICACION

Se requiere una transmisión para un molino de bolas. Se estudia la posibilidad de usar banda plana. Por ser el ambiente de trabajo excesivamente húmedo, se ha pensado emplear bandas de lona ahulada. ¿Qué dimensiones tendría dicha transmisión si el motor y el molino se encuentran a 4.50 m de distancia, se requiere una reducción de velocidad de 1.7 a 1 y la potencia del motor es de 40 kw girando a 600 rpm, con un factor de arranque de 1.5?

- 1) Se seleccionan tentativamente poleas de 70 cm y 1.20 cm de diámetro. Con el diámetro de la polea motriz de 70 cm, de acuerdo a la tabla 5.10 es posible usar banda de 9 capas.
- 2) La velocidad de la banda es:

$$V = (\pi DN/60) = (\pi \times 70 \times 600/60) = 22 \text{ m/s}$$

La potencia transmisible por centímetro de ancho de una banda de lona ahulada de 9 capas es, de acuerdo a la tabla 5.11 y usando interpolación lineal:

$$K = 4.11 + \left(\frac{4.41 - 4.11}{22.5 - 20.00} \right) \times 2 = 4.35 \text{ kw/cm}$$

3) El ángulo de contacto es:

$$\theta_1 = \pi - 2\alpha \text{ng sen} \left(\frac{D - d}{2C} \right)$$

$$\theta_1 = \pi - 2\alpha \text{ng sen} \left(\frac{120 - 70}{2 \times 450} \right) = 3.03 \text{ rad}$$

el factor de corrección, se encuentra interpolando

$$A = 0.95 + \left(\frac{1 - 0.95}{3.14 - 2.97} \right) (3.03 - 2.97) = 0.967$$

la potencia transmisible corregida será:

$$K' = 4.35 \times 0.967 = 4.20 \text{ kw/cm}$$

4) La potencia pico del motor es:

$$M = 40 \times 1.5 = 60 \text{ kw}$$

el ancho de la banda requerida es:

$$b = \frac{M}{K'} = \frac{60}{4.20} = 14.3 \text{ cm.}$$

En la tabla 5.13 se aprecia que la banda es extremamente delgada. Seleccionando banda de 5 capas, la potencia transmisible corregida será:

$$K = 2.2 + \left(\frac{2.32 - 2.2}{22.5 - 20} \right) 2 = 2.296 \text{ kw/cm}$$

$$K' = KA = 2.296 \times 0.967 = 2.22 \text{ kw/cm}$$

el ancho de la banda es en este caso:

$$b = \frac{M}{K'} = \frac{60}{2.22} = 27.02 \text{ cm}$$

que ya está entre los recomendados en la tabla 5.13, con lo que las dimensiones de la transmisión son:

$$D = 1.20 \text{ m}$$

$$d = 0.70 \text{ m}$$

$$C = 4.50 \text{ m}$$

banda - de lona ahulada, de 5 capas y
27 cm de ancho

16.7 BANDAS V. GENERALIDADES

El tamaño de las bandas V se establece en base a las normas ANSI (American National Standards Institute), RMA (Rubber Manufacturers Association) y las MPTA (Mechanical Power Transmission Association).

Normalización de las dimensiones de una banda V

También se construyen para cubrir algunas especificaciones especiales, como las impuestas por la Industria Automotriz a través de las normas SAE (Society of Automotive Engineers), lo mismo que las marcadas por las grandes compañías manufactureras y que se enlistan con los estándares OEM (Original Equipment Manufacturer).

Las bandas V generalmente operan a velocidades entre 7.5 y 35 [m/s] (1 500 y 6 500 [pies/min]). La velocidad correspondiente a la capacidad máxima de transmisión, depende de la banda particular de que se trate.

Factor velocidad

La fuerza centrífuga se convierte en una consideración de importancia en altas velocidades. Nuevamente, la velocidad límite de operación depende de la banda. Por ejemplo, los vehículos para nieve y otros recreativos cuentan con bandas diseñadas para operar a más de 75 [m/s] (19 000 [pies/min]).

Operación en altas velocidades

A velocidades por debajo de 2 [m/s] (1 000 [pies/min]), el costo inicial de una transmisión por bandas V puede exceder el de las cadenas o engranajes, debido a que a bajas velocidades las bandas V pierden gran parte de su efectividad. Sin embargo, el poco mantenimiento que requieren y su larga vida cuando se operan a estas velocidades hacen que valga la pena estudiar la posibilidad de emplearlas en estas condiciones. Muchas transmisiones por banda operan exitosamente a velocidades tan bajas como 0.5 [m/s] (100 [pies/min]).

Operación en bajas velocidades

La eficiencia de una transmisión por banda V está normalmente por encima del 95%, pero puede variar típicamente entre 90% y 98%. Teóricamente la relación de transmisión no debería tener ninguna influencia sobre la eficiencia de la transmisión, sin embargo, la eficiencia tiende a bajar con el aumento de la relación de transmisión. No obstante, esto puede atribuirse a varios factores, tales como la dificultad para tensar adecuadamente la banda y otros, más que a la influencia directa de la relación de transmisión.

Eficiencia de una transmisión por banda V

Aún bajo condiciones ideales de operación, las bandas V presentan algún resbalamiento, y por esta razón no deben ser utilizadas en aplicaciones que requieran sincronización.

Las bandas V siempre representan resbalamiento

La tensión inicial de la banda es de gran importancia para que la transmisión opere con altas eficiencias y larga vida de servicio. Una tensión insuficiente provocará un resbalamiento excesivo e ineficiencia. Demasiada tensión ocasionará un desgaste prematuro. Lo anterior no quiere decir que las bandas requieran atención continua; una transmisión apropiadamente instalada, operará sin problemas hasta por varios meses.

Tensión en la banda y su efecto sobre la operación de la transmisión

Las bandas V están diseñadas para operar a temperatura ambiente. A temperaturas por encima de 80° y por debajo de -20°C la vida de la transmisión disminuye notablemente.

Temperatura de operación

Sin embargo, se construyen bandas especialmente diseñadas para trabajar sin problemas a temperaturas extremas, tales como -50°C .

16.8 CODIGO DE IDENTIFICACION DIMENSIONAL Y TERMINOLOGIA

El tamaño de las bandas V se especifica mediante un código de identificación dimensional que consiste de varios símbolos representando la sección transversal de la banda seguida de su longitud. Para las bandas V clásicas y las de trabajo ligero el largo se da directamente en pulgadas, mientras que en las de sección angosta se da en décimas de pulgada. Algunos ejemplos se dan enseguida.

Significado del código:
Sección + longitud total

TIPO	CODIGO	SECCION	LONGITUD
Clásico	8 B 0	B	90 [plg]
Sección angosta	5 V 1 400	5V	140 [plg]
Trabajo ligero	2 L 080	2L	80 [plg]

Ejemplo de identificación dimensional de bandas V

La figura 5.12 ilustra una sección transversal típica en una banda V, y en ella se presenta la terminología de las mismas.

La capacidad de transmisión de una banda V está dada por las cuerdas de refuerzo, que normalmente se hace de nylon, rayón, de otros polímeros, de acero o de fibra de vidrio. Dichas cuerdas generalmente se encuentran embebidas en hule suave que forma la sección de amortiguamiento. El resto de la banda es de hule duro y la sección entera está envuelta en una cubierta de algún tejido resistente a la abrasión.

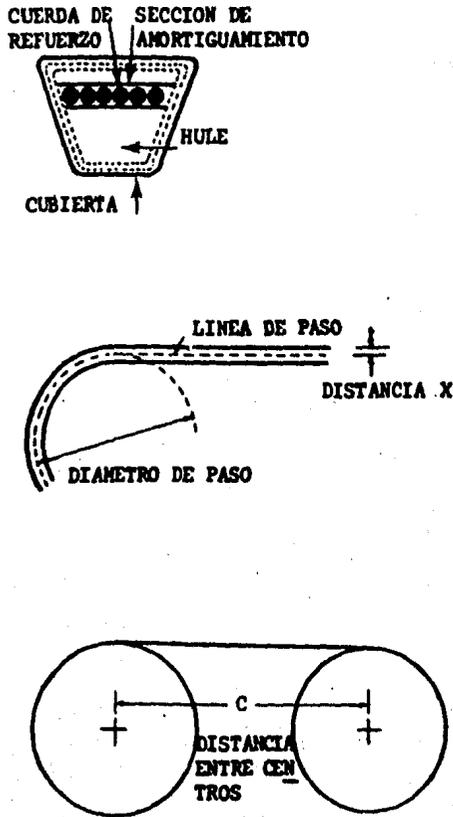


Figura 5.12 Terminología empleada en las transmisiones por bandas V.

Al flexionarse la banda sobre la polea, el plano neutro de la banda es aquel que no cambia, en longitud. A la línea que este plano forma en su intersección con un plano transversal al eje de rotación de la polea, se le llama *línea de paso* y determina el diámetro de paso o *diámetro efectivo* de transmisión, que a su vez determina la relación de transmisión y el par a transmitir.

La figura 5.13 muestra comparativamente las distintas secciones de bandas V disponibles, así como la forma en que se les designa en el código de identificación.

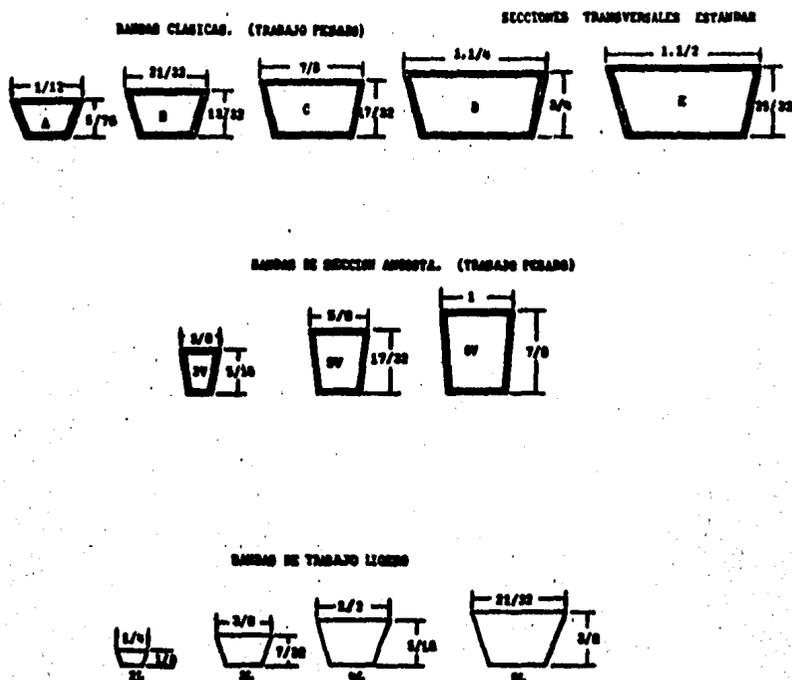


Figura 5.13 Secciones típicas de las bandas V

Las bandas V se fabrican para trabajo pesado y ligero, las de trabajo pesado se construyen en secciones clásica y anosta. Las de trabajo ligero transmiten solamente potencias fraccionarias. Existe otro tipo de bandas, construidas expreso para transmisiones variables (ver la figura 5.23), cuyas secciones se designan con las letras P, Q, R, T y W, y cuyos anchos van de $7/8$ [plg] a $2\ 3/4$ [plg].

Las bandas para equipo agrícola tienen las mismas secciones que las clásicas y se distinguen de éstas anteponiendo una letra H a la designación de la sección. Difieren de las clásicas principalmente en principios constructivos.

Las bandas automotrices se clasifican en seis categorías de acuerdo a las normas SAE, cuyos anchos en la parte superior son 0.380, 0.500, 11/16, 3/4, 7/8 y 1 pulgada. Las dos secciones más pequeñas son las más empleadas y tienen alta capacidad de transmisión.

16.9 BANDAS V DE USO INDUSTRIAL

16.9.1 BANDAS CLASICAS

Normalmente usadas donde los requisitos de potencia demandan más de una banda, y por eso son llamadas *bandas múltiples* frecuentemente. Se construyen con una o más capas de cuerdas de refuerzo (figura 5.14), que se encuentran embebidas en una sección de hule suave. Las bandas con una sola capa de cuerdas son idóneas para transmisiones de alta velocidad, distancias entre centros cortas y poleas pequeñas.

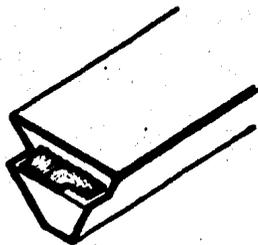


Figura 5.14 Banda V clásica

16.9.2 BANDAS CLASICAS REFORZADAS O SUPER

De construcción similar a las clásicas, pero hechas de materiales más resistentes, por lo que tienen aproximadamente un 30% más de capacidad de transmisión, algunas de ellas

se construyen con muescas en la parte interior de la banda para ofrecer adicionalmente las ventajas de las bandas V corrugadas.

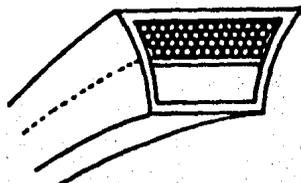


Figura 5.15 Banda V clásica reforzada (Super)

16.9.3 BANDAS V CORRUGADAS

Más flexibles que las bandas estándar, pueden usarse con poleas más pequeñas. Normalmente hechas sin cubierta (construcción de bordes pelados). Pueden llegar a ser ruidosas si operan en altas velocidades.



Figura 5.16 Banda V corrugada

16.9.4 BANDAS CLASICAS ABIERTAS

Esta variación de las bandas clásicas ofrece la ventaja de poderse cortar a la medida requerida y unirse mediante conexiones especiales. Tienen una construcción interna que permite la fijación de las conexiones. No contiene cuerdas de refuerzo tan resistentes, por lo que su capacidad de transmisión está limitada. Su velocidad máxima de operación es de 20 [m/s] (4 000 [pies/min]).



Figura 5.17 Empalme de una banda clásica abierta.

16.9.5 BANDAS V DE ESLABONES

Empleadas para los mismos propósitos que las bandas abiertas; pueden ajustarse al tamaño requerido sin necesidad de desensamblar la máquina. Presentan sobre las bandas abiertas la ventaja de una operación sin vibración, pues su construcción de eslabones inhibe esa posibilidad ya que la densidad es uniforme. Las bandas de eslabones de alta capacidad de transmisión se designan por la letra T. Hay secciones TE y TD. Este tipo de banda tiende a alargarse hasta que los eslabones alcanzan su posición de equilibrio.



Figura 5.18 Banda V de eslabones

16.9.6 BANDAS DOBLE V

Usadas en mandos de serpentín que involucran inversión de movimiento, o donde la potencia deba transmitirse por ambos lados de la banda. Esencialmente se trata de dos bandas clásicas pegadas *espalda con espalda*. Se designan mediante la doble letra correspondiente a la sección, (AA, BB, etc).

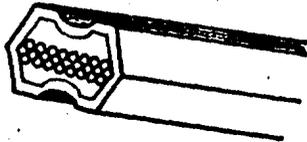


Figura 5.19 Banda doble V

16.9.7 BANDAS DE SECCION ANGOSTA

Tienen, en general, la misma construcción que las bandas clásicas, pero su sección angosta le permite un mayor acoplamiento sobre la polea por lo que puede transmitir mayor carga que aquéllas. Transmiten mayor potencia que la es-

táandar para una velocidad dada. Reducen el tamaño de una transmisión hasta un 50%, para una potencia dada. Operan a velocidades de hasta 32.5 [m/s] (6 500 [pies/min]) sin requerir el balanceo dinámico de las poleas. Tres secciones estandarizadas cubren el mismo rango de potencias que las cinco secciones clásicas.

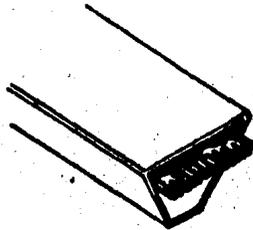


Figura 5.20 Banda de sección angosta

16.9.8 BANDAS V ENSAMBLADAS

Consisten de dos o más bandas convencionales fabricadas juntas. Reducen la vibración lateral y los problemas de estabilidad en transmisiones que incluyen múltiples bandas.

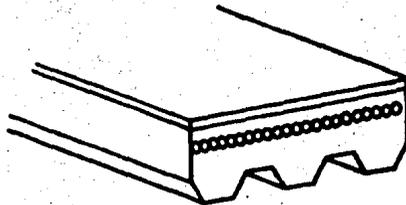


Figura 5.21 Bandas V ensambladas

16.9.9 BANDAS DE TRABAJO LIGERO

Están clasificadas en secciones 2L, 3L, 4L, 5L. Son similares en apariencia a las bandas clásicas. Tienen una so la capa de cuerdas de refuerzo embebidas en hule suave y cubiertas con una capa sencilla de tejido. Pueden flexionarse sobre poleas pequeñas sin sobrecalentamiento o sufrir grandes esfuerzos de flexión. Apropriadas para transmitir potencias fraccionarias en aplicaciones que requieren una sola banda.

16.9.10 BANDAS V DE ANGULO OBTUSO.

Minimiza las pérdidas por fricción y resiste mejor que las bandas clásicas el efecto del paso del tiempo. Como cuenta con un ángulo obtuso en la V, el acufamiento sobre la polea es menor, pero incrementa el efecto de las cuerdas de refuerzo. La pérdida de fricción ocasionada por el reducido efecto de acufamiento, es compensado por las propiedades del poliuretano con que se construyen. Sus aplicaciones van desde potencias fraccionarias en máquinas para oficina, hasta usos automotrices e industriales ligeros. Operan sobre poleas tan pequeñas como 17 [mm] (0.67 [plg] de diámetro a velocidades que superan los 50 [m/s] (10 000 [pies/mm])). Están clasificadas en cuatro secciones cuyas dimensiones se dan en sistema métrico y que son: 3M, 5M, 7M y 11M.

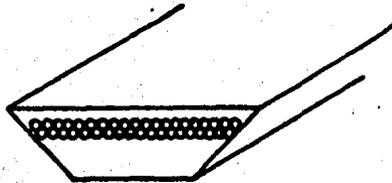


Figura 5.22 Banda V de ángulo obtuso

16.9.11 BANDAS PARA TRANSMISIONES VARIABLES

Son bandas construidas específicamente para mandos de velocidad variable, en las que la banda corre lo mismo en el fondo que en el borde exterior de una polea ajustable, dependiendo de la apertura que se dé a dicha polea. Tienen una sección delgada pero de gran rigidez transversal y capacidad de operar sobre poleas de diámetros reducidos. No debe confundirse este tipo de mando con el de pasos variables en el que la transmisión debe detenerse completamente para cambiar la relación de velocidad. Este último tipo de transmisión emplea bandas convencionales.

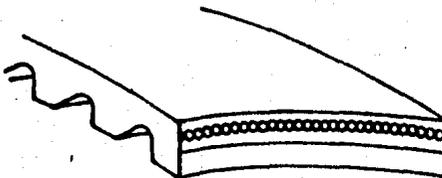


Figura 5.23 Banda para transmisiones de velocidad variable

16.10 POLEAS RANURADAS PARA BANDA V

La mayor parte de las poleas ranuradas para bandas V se hacen de hierro fundido y generalmente están limitadas a operar a velocidades por debajo de los 32.5 [m/s] (6 500 [pies/min]) para bandas de sección angosta y 30 [m/s] (6 000 [pies/min]) para bandas clásicas. Para servicio ligero suelen construirse con placa de acero o aluminio estampado, plástico o fundición de aluminio o zinc. Las poleas de aluminio placa o plástico deben usarse siguiendo las indicaciones del fabricante.

Construcción

Las poleas se construyen con ranuras profundas o regulares. Las ranuras profundas se emplean cuando la banda debe entrar en la polea fuera del plano teórico de operación. (Transmisión cruzada y otras).

Ranuras regulares y profundas y su aplicación

Algunas poleas se fabrican con cubo removible para facilitar su instalación y remoción. Las poleas se balancean estáticamente en la fábrica, pero aquellas que se usen a altas velocidades deben balancearse dinámicamente.

Balaceo de las poleas

16.11 DISEÑO DE UNA TRANSMISION POR BANDA V

16.11.1 ANALISIS DE FUERZAS

Las bandas V proporcionan una transmisión más compacta y eficiente que las bandas planas, no obstante que el costo inicial de las últimas es menor.

La figura 5.24.a, muestra una banda V asentada sobre la ranura de una polea, ilustrando su principio básico de operación. En tal caso, un efecto de acuffamiento se desarrolla al irse introduciendo la banda en la ranura. La parte superior sufre tensión y la del fondo compresión al ser doblada la banda sobre la polea, ocasionando que los costados se abulten, pero los lados de la ranura de la polea restringen esa tendencia a abultarse, y causan un gran agarre entre la banda y la polea.

Principio de operación

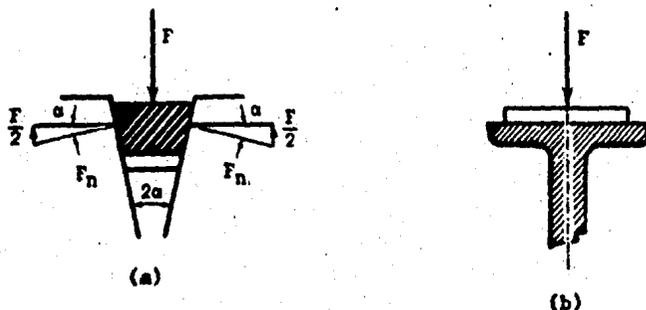


Figura 5.24 Fuerzas actuando sobre (a) Bandas V
(b) Bandas planas

La ranura por sí misma está cortada de tal forma que la banda V trabaje suficientemente alto sobre ella, dejando un espacio libre entre el fondo de la banda y ella misma, para garantizar que el efecto de acufamiento no se pierda, pues se perdería apreciablemente la capacidad de transmisión de potencia.

Con base en la figura 5.24, que muestra una banda V y una plana, sujetas a una fuerza radial F , se analizará la fuerza de fricción entre la banda y la polea en cada caso.

Para la banda V, la fuerza radial F , es contrarrestada por las paredes laterales de la ranura, y en este caso la fuerza normal está dada por:

$$F_N = \frac{F/2}{\sin \alpha} \quad \dots (5.19)$$

Fuerza normal sobre los costados de las bandas V

donde:

α = semiángulo de la ranura de la polea

La fuerza de agarre o de fricción de la banda es igual a la fuerza normal multiplicada por el coeficiente de fricción, esto es:

$$F_f = 2 F_N \mu \quad \dots (5.20)$$

Fuerza de fricción

$$F_f = F \frac{\mu}{\sin \alpha} = F \mu' \quad \dots (5.21)$$

Fuerza de fricción en bandas V

donde:

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin \alpha} = \text{coeficiente de fricción equivalente}$$

y $\mu = 0.40$ en la generalidad de los casos

Para la banda plana, la fuerza de agarre es igual a la fuerza radial multiplicada por el coeficiente de fricción:

$$F_f = F \mu \quad \dots (5.22)$$

Fuerza de fricción en bandas planas

Comparando las ecuaciones 5.21 y 5.22 se ve que para tomar en cuenta el efecto de acufamiento, presente en las bandas V, es necesario tan sólo reemplazar μ por el coeficiente de fricción equivalente μ' en el análisis de fuerzas efectuadas para las bandas planas.

Coeficiente de fricción.

Los ángulos de las ranuras dependen del diámetro de la polea y son:

$$2\alpha = 34^\circ, 36^\circ \text{ y } 38^\circ$$

Las bandas V estándar permiten la utilización de una relación de tensiones mayor que con bandas planas, cuando menos tres veces más grande. Esto afecta directamente a la magnitud de la fuerza efectiva de tracción ($F_1 - F_2$) lo cual repercute directamente en el par que es posible transmitir, aumentándolo y reduce significativamente la carga sobre la flecha ($F_1 + F_2$), todo lo cual constituye un grupo importante de ventajas de las bandas V sobre las planas. Ventajas adicionales son: que se pueden usar a menores distancias entre centros y alcanzar mayores relaciones de transmisión, llegando a ser de hasta 6 a 1.

16.11.2 SELECCION DE LAS BANDAS V

Las compañías fabricantes de bandas, publican manuales que deben ser considerados para la adecuada selección y uso de sus productos.

En esta sección se presentan datos y un procedimiento de selección, que se asemeja bastante a los sugeridos por los fabricantes para sus productos. Puede usarse en ausencia de información especializada.

A fin de facilitar el procedimiento de diseño, se incluyen algunas definiciones que se emplearán en su desarrollo.

POTENCIA DE DISEÑO. Es la potencia en kw o H.P, que se utiliza para calcular una transmisión.

POTENCIA NOMINAL. Es la potencia que se debe transmitir realmente.

DIAMETRO DE PASO. Es un diámetro intermedio, (ni el exterior de la patea ni el interior de la ranura), en donde en teoría se realiza la transmisión.

El procedimiento de diseño incluye los siguientes pasos:

- 1) Se determina la potencia de diseño, multiplicando la potencia nominal por el factor de servicio (factor F) tabulado en la tabla 5.14.

$$M_D = M \times F \quad \dots (5.23)$$

- 2) Se calcula la relación de velocidades con la siguiente ecuación:

$$m_w = \frac{\omega_H}{\omega_m} \quad \dots (5.24)$$

- 3) Se selecciona la sección adecuada de la banda empleando la gama de potencias de la tabla 5.16.
- 4) Se determina el diámetro de paso de la patea menor, de acuerdo a los datos de la tabla 5.16.
- 5) Se determina el diámetro de paso de la patea mayor, multiplicando el diámetro de paso de la patea menor por la relación de velocidad.

$$D = m_w d \quad \dots (5.25)$$

- 6) Se selecciona o fija la distancia entre centros de las flechas de las máquinas (motriz e impulsada) y se encuentra la longitud de la banda con la siguiente ecuación:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) + (D - d)^2/4C \quad \dots (5.26)$$

donde:

C = distancia entre centros

D = diámetro de paso de la polea mayor

d = diámetro de paso de la polea menor

7) Para encontrar la potencia transmisible por banda:

a) Se calcula la velocidad perimetral de la banda mediante la ecuación:

$$V = (\pi \times d \times N / 60) \text{ [m/s]} \quad \dots (5.27)$$

b) Con la velocidad calculada y el diámetro de la polea motriz se obtiene, de la tabla 5.17, la potencia que puede transmitir una banda de la sección seleccionada en el paso 3.

c) Los datos de la tabla 5.17 son válidos para ángulos de contacto de 180° y deben corregirse cuando no sea el caso, multiplicándolos por el factor de corrección correspondiente, que se encuentra en la tabla 5.15.

$$K' = KA \quad \dots (5.28)$$

8) Se obtiene el número de bandas necesarias dividiendo la potencia de diseño (M_D) entre la potencia transmisible por banda (K').

$$N_b = \frac{M_D}{K'} \quad \dots (5.29)$$

9) Habiendo obtenido la sección de la banda adecuada, el tamaño de las poleas, la longitud de la banda V , el número de bandas requeridas, hay que comprobar si dichas dimensiones se ajustan a los valores comerciales, para lo cual se toman los valores más cercanos a los resultados obtenidos.

Máquina Impulsada	Motores eléctricos: Fase dividida C.A. Jaula de ardilla par normal y síncronos C.C. devanado parale lo. Turbinas eléctric as y de agua. Moto res de combustión in terna más de 4 cilin dros.	Motores eléctricos: C.A. Monofásicos deva nados en serie. Alto deslizamiento, o al to par de arranque. C.A. Rotor devanado tipo capacitor C.C. devanado compound. Máquinas de vapor. Motores de menos de 4 cilindros. Líneas de transmisión con embragues.
Agitadores	1.2	1.4
Compresores centrífu gos	1.2	1.4
Transportadores de cin ta	1.2	1.4
Transportadores (de tornillos, etc.)	1.4	1.8
Molinos	1.4	1.6
Ventiladores centríf ugos	1.2	1.4
Ventiladores de hélice	1.4	2.0
Generadores y alterna dores	1.2	1.2
Arboles de transmisión	1.4	1.6
Bombas centrífugas	1.2	1.4
Bombas y compresores	1.2	1.6
Alternantes	1.2	1.6

Tabla 5.14 Factores de servicio para bandas V. (Factor F).

$\frac{D-d}{C}$	ANGULO DE CONTACTO	FACTOR DE CORRECCION	$\frac{D-d}{C}$	ANGULO DE CONTACTO	FACTOR DE CORRECCION
0.00	180°	1.00	.76	135°	0.87
.09	175°	.99	.84	130°	.86
.17	170°	.98	.92	125°	.84
.26	165°	.96	1.00	120°	.82
.35	160°	.95	1.07	115°	.80
.43	155°	.94	1.14	110°	.78
.52	150°	.92	1.22	105°	.76
.60	145°	.91	1.28	100°	.74
.68	140°	.89			

Tabla 5.15 Factores de corrección por ángulo de contacto. (Factor A)

SECCION DE LA BANDA	ANCHO (a)		ESPESOR (b)		DISTANCIA (X) VER FIG.5.12	
	plg	mm	plg	mm	plg	mm
A	1/2	12.7	11/32	8.7	.125	3.2
B	21/32	16.7	7/16	11.1	.175	4.4
C	7/8	22.2	17/32	13.5	.200	5.0
D	1 1/4	32.8	3/4	19.1	.300	7.5
E	1 1/2	38.1	1	25.4	.400	10.1

SECCION DE LA BANDA	GAMA DE DIAMETROS RECOMENDADOS		GAMA DE POTENCIAS PARA UNA O MAS BANDAS	
	plg	m	H P	kw
A	3 - 5	0.075 - 0.125	1/4 - 10	0.2 - 7.5
B	5.4 - 8	0.137 - 0.20	1 - 25	0.75 - 19
C	8 - 12.4	0.20 - 0.315	19 - 100	11 - 75
D	13 - 20.0	0.33 - 0.508	50 - 250	38 - 190
E	22.0 - 28.0	0.56 - 0.70	100 y más	75 y más

Tabla 5.16 Diámetros mínimos y gama de potencias para bandas V.

SECCION DE LA BANDA	DIAMETRO DE PASO DE LA POLEA		VELOCIDAD DE LA BANDA EN				
	[p1g]	[m]	[m/s]				
			5	10	15	20	25
A	2.6	0.066	0.4	0.5	0.4	0.1	
	3.0	0.076	0.5	0.8	0.8	0.7	0.3
	3.4	0.086	0.6	1.0	1.2	1.1	0.8
	3.8	0.096	0.65	1.2	1.4	1.5	1.3
	4.2	0.106	0.7	1.3	1.6	1.8	1.6
	4.6	0.116	0.8	1.4	1.8	2.0	1.9
	5.0 y mayor	0.127	0.9	1.5	2.0	2.2	2.2
B	4.2	0.106	0.8	1.2	1.3	0.9	0.2
	4.6	0.116	0.9	1.5	1.7	1.6	0.9
	5.0	0.127	1.0	1.7	2.1	2.1	1.6
	5.4	0.137	1.1	1.9	2.4	2.5	2.1
	5.8	0.147	1.2	2.1	2.7	2.9	2.6
	6.2	0.157	1.3	2.3	2.9	3.2	3.0
	6.6	0.167	1.4	2.4	3.2	3.5	3.3
7.0 y mayor	0.177 y mayor	1.5	2.6	3.4	3.7	3.7	
C	6	0.152	1.4	2.0	2.0	1.4	
	7	0.177	1.9	2.9	3.5	3.3	2.3
	8	0.203	2.2	3.6	4.5	4.7	4.1
	9	0.229	2.5	4.2	5.4	5.9	5.5
	10	0.254	2.7	4.7	6.0	6.8	6.6
	11	0.279	2.8	5.0	6.6	7.5	7.5
	12 y mayor	0.305 y mayor	3.0	5.3	7.0	7.6	8.3
D	10	0.254	3.1	4.6	4.9	3.8	1.0
	11	0.279	3.7	5.8	6.8	6.3	4.2
	12	0.305	4.3	6.9	8.4	8.5	6.8
	13	0.330	4.7	7.8	9.7	10.3	9.1
	14	0.355	5.1	8.6	10.9	11.8	11.0
	15	0.381	5.4	9.2	11.9	13.1	12.0
	16	0.405	5.7	9.8	12.9	14.3	14.2
17 y mayor		6.0	10.4	13.5	15.1	15.4	
E	16	0.405	6.5	10.6	13.1	13.5	11.4
	18	0.456	7.4	12.4	15.9	17.2	16.0
	20	0.508	8.1	13.9	18.1	20.1	19.7
	22	0.558	8.7	15.1	19.8	22.5	22.8
	24	0.609	9.2	16.1	21.3	24.5	25.6
	26	0.660	9.7	17.0	22.6	26.2	27.4
	28 y mayor	0.711	10.0	17.7	23.7	27.7	29.2

Tabla 5.17 Potencias estimadas de las bandas V con ángulo de contacto de 180°. (Factor K en [kw])

EJEMPLO DE APLICACION

Seleccionar el tamaño y el número de bandas V clásicas para mover un motor recíprocante por medio de un motor de corriente alterna tipo jaula de ardilla de alto par de arranque. La velocidad del compresor es 750 rpm y el motor gira a 1750 rpm entregando 30 kw (40 HP) de potencia. La distancia entre centros estará comprendida entre 1m y 1.5 m.

Solución:

PASO 1) El factor de servicio es:

$$F = 1.6 \quad (\text{tabla 5.14})$$

la potencia de diseño:

$$M_D = 1.6 \times 30 = 48 \text{ kw (64 HP)}$$

PASO 2) La relación de velocidad es:

$$m_{\omega} = \frac{1750}{750} = 2.33$$

PASO 3) La sección recomendada es: (tabla 5.16)

Sección C

PASO 4) El diámetro de paso mínimo recomendado es:
(tabla 5.16)

$$d = 0.20 \text{ m (8 plg)}$$

PASO 5) El diámetro de paso de la polea mayor es:

$$D = rd = 2.33 \times 0.20 = 0.466 \text{ m}$$

PASO 6) Se inicia con la menor distancia entre centros de las posibles:

$$C = 1 \text{ m}$$

y la longitud de la banda será:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 2 \times 1 + 1.57 (0.466 + 0.2) + \frac{(0.466 - 0.2)^2}{4 \times 1} = 3.06 \text{ m (125 plg)}$$

PASO 7) La velocidad de la banda:

$$V = \pi \times d \times \frac{N}{60} = \pi \times 0.20 \times \frac{1750}{60} = 18.32 \text{ m/s}$$

La potencia transmisible por banda es:
(tabla 5.17)

$$\begin{aligned} K &= 4.5 + \left(\frac{4.7 - 4.5}{20 - 15} \right) (18.32 - 15) = 4.63 \frac{\text{kw}}{\text{banda}} \\ &= 6.21 \frac{\text{HP}}{\text{banda}} \end{aligned}$$

el ángulo de contacto es:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \pi - 2\alpha \text{ng} \text{ sen} \left(\frac{D - d}{2C} \right) = \pi - 2\alpha \text{ng} \text{ sen} \left(\frac{46.2 - 20}{200} \right) = 287 \text{ rad} \\ &= 164^\circ \end{aligned}$$

el factor de corrección por ángulo de contacto es; (tabla 5.15):

$$\Delta = 0.96$$

la potencia transmisible corregida por banda es:

$$K' = KA = 4.63 \times 0.96 = 4.44 \frac{\text{kw}}{\text{banda}} \left(5.96 \frac{\text{HP}}{\text{banda}} \right)$$

PASO 8) El número de bandas requerido en esta transmisión es:

$$N_B = \frac{M_D}{K'} = \frac{48}{4.44} = 10.81 \text{ Bandas}$$

por lo tanto:

$$N_B = 11 \text{ Bandas}$$

16.12 CARGAS SOBRE LOS APOYOS

La fuerza efectiva de transmisión en una banda es $(F_1 - F_2)$, sin embargo, en lo concerniente a las cargas sobre los apoyos, para el cálculo de los esfuerzos de flexión, es la fuerza total $(F_1 + F_2)$ la que interesa como se ilustra en la figura 5.25.

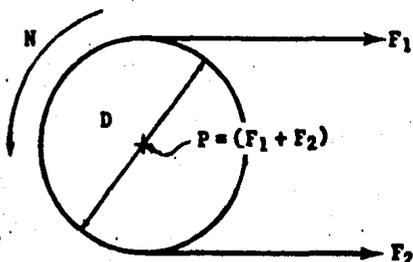


Figura 5.25 Fuerzas actuando en una transmisión por banda

La ecuación general para calcular la fuerza efectiva de transmisión es:

$$(F_1 - F_2) = \frac{60 W}{\pi D N} \quad [\text{N}] \quad \dots (5.30)$$

donde:

W = potencia en watts $[\text{w}]$

D = diámetro de paso $[\text{m}]$

N = velocidad $[\text{rpm}]$

F_1, F_2 = fuerzas en la banda $[\text{N}]$

Cuando se calcula la tensión total ocasionada por la transmisión, es común introducir un factor de servicio designado como F_x , de modo que la tensión total P , resulta ser:

$$P = F_1 + F_2 = \frac{60 W}{\pi D N} F_x \quad [\text{N}] \quad \dots (5.31)$$

$$P = F_1 + F_2 = \frac{19\ 100\ \text{kw}}{\pi D N} F_x \quad \dots (5.32)$$

En la ecuación 5.31, P está en Newtons, la potencia W está en kilowatts, el diámetro de paso D, está en metros y la velocidad de giro N, en revoluciones por minuto. El factor F_x se encuentra tabulado en la tabla 5.18 y está basado en una considerable experiencia en la operación de transmisiones.

TIPO DE TRANSMISION	FACTOR DE SERVICIO F_x
Banda plana de una capa	2.0
Banda plana de dos capas	2.5
Banda plana de tres capas	3.0
Banda V	1.5

Tabla 5.18 Factores de servicio para transmisiones flexibles

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION

I. A continuación se presenta un grupo de aseveraciones relacionadas con el módulo recién estudiado, indique cuáles son falsas y cuáles verdaderas, marcando con una cruz debajo de la columna correspondiente a la indicación que considere correcta.

- | Las transmisiones por banda plana: | F | V |
|---|-----|-----|
| 1) Operan con un defasamiento ocasionado por las propiedades elásticas de la banda. | () | () |
| 2) Pueden transmitir más potencia en altas velocidades. ($V > 15$ m/s). | () | () |
| 3) Se construyen de cuero, lona ahulada y materiales sintéticos. | () | () |
| 4) Son más eficientes que las transmisiones por banda V. | () | () |
| 5) Están en desuso actualmente. | () | () |

Las transmisiones por banda V:

- | | | |
|---|-----|-----|
| 6) Se seleccionan preferentemente de acuerdo a las sugerencias del fabricante. | () | () |
| 7) Son más económicas que las transmisiones por banda plana. | () | () |
| 8) Puede emplearse con distancias entre centros menores que las bandas planas. | () | () |
| 9) Se fabrican con materiales cuyo coeficiente de fricción es muy grande. | () | () |
| 10) El coeficiente de fricción equivalente es siempre mayor que el correspondiente a las bandas planas. | () | () |

II. Resuelva los siguientes problemas:

- 1) Un motor eléctrico de inducción de 40 [kw] que gira a 900 [rpm] se emplea para mover un ventilador de hélice a 490 [rpm]. La distancia entre centros de las flechas es: $C = 1.50$ [m] y se empleará una polea matriz de papel y una banda de cuero.

Determinar:

- Los diámetros de las poleas
 - el ángulo de contacto si el arreglo es de banda abierta;
 - el ancho, el largo y el espesor de la misma;
 - el área seccional de la banda de cuero requerida.
- 2) Se piensa usar un motorreductor que entrega 30 [HP] a 370 [rpm] y que cuenta con un motor eléctrico con arranque por condensador, para mover una línea de transferencia. La flecha de entrada a la línea se encuentra a 3 [m] de distancia del motorreductor. ¿Qué diámetro de poleas y qué ancho de banda se requiere si se emplea banda de cuero de tres capas?.

- 3) Se requiere de una transmisión por banda ahulada para mover un molino de marillos que gira a 250 [rpm]. El motor a emplear es un motor eléctrico con devanado jaula de ardilla de 50 [HP] a 600 [rpm]. La distancia entre centros es aproximadamente de 3.50 [m]. Determine las dimensiones de la transmisión, y los materiales con que se fabricarán las poleas.

- 4) Un motor de 50 [HP] a 1200 [rpm] debe mover un compresor mediante una transmisión por bandas V. El diámetro de paso del motor y del compresor son 9 y 30 plg respectivamente. La distancia entre centros es de 1.50 m. Determine el tamaño y el número de bandas requeridas.

- 5) Seleccionar una transmisión por banda y los accesorios requeridos para conectar un motor de 2 [HP] a 1170 [rpm] con un soplador que gira a 300 [rpm] y que se usará en un quemador para caldera. La distancia entre centros se tomará aproximadamente como 1.5 veces el diámetro de la polea mayor.

SOLUCIONES AL CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION

MODULO 16

I.

TRANSMISIONES POR BANDA PLANA

1. V
2. V
3. V
4. F
5. F

TRANSMISIONES POR BANDA V

6. V
7. F
8. V
9. V
10. V

II. PROBLEMAS

1. Datos:

Motor eléctrico de inducción:

$$w = 40 \text{ kw} \quad A \quad 900 \text{ rpm}$$

Ventilador de hélice A 490 rpm:

$$C = 1500 \text{ mm}$$

polea motriz de papel.

a. Diámetros de las poleas.

se sabe que:

$$V = \frac{\pi d N}{60} \Rightarrow d = \frac{V 60}{\pi N}$$

Tomando el mínimo valor que debe tener la velocidad

$$d = \frac{(10)(60)}{\pi(900)} = 0.2122 \text{ m} = 21.22 \text{ cm}$$

$$d_{\min} = 21.22 \text{ cm}$$

De la tabla 5.3 se observa que el diámetro menor que se puede emplear es de 25.4 cm. Para una banda de capa doble de 7.94 mm de espesor y de un ancho mayor de 20 cm. Por lo tanto:

$$d = 25.4 \text{ c.}$$

De la relación de velocidades, tenemos:

$$D = \left(\frac{900}{490}\right) (25.4) = 46.65 \text{ cm}$$

b. Angulos:

$$\theta_1 = \pi - 2\text{sen}^{-1} \left[\frac{46.65 - 25.4}{(2)(150)} \right] = 3.13 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = \pi + 2\text{sen}^{-1} \left[\frac{46.65 - 25.4}{(2)(150)} \right] = 3.15 \text{ rad}$$

c. Area:

$$v = \frac{\pi dN}{60} = \frac{\pi(25.4)(900)}{60} = 1197 \text{ cm/s} = 11.97 \text{ m/s}$$

De la tabla 5.4 y por interpolación lineal, tenemos:

$$K = 1.76 + \left[\frac{2.09 - 1.76}{12 - 10} \right] (1.97) = 1.977 \text{ kw/cm}$$

de la tabla 5.5:

$$M = 2.0$$

de la tabla 5.6:

$$P = 0.7$$

por lo tanto:

$$b = \frac{(W)(M)}{(P)(k)} = \frac{(40)(2)}{(0.7)(1.977)} = 57.8 \text{ cm}$$

$$\text{Area} = bt = (57.8)(0.794) = 45.9 \text{ cm}^2$$

d. Ancho, largo y espesor:

$$L = \left[4C^2 - (D - d)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{2} (D\theta_2 - d\theta_1)$$

$$L = \left[(4)(150)^2 - (46.65 - 25.4)^2 \right]^{1/2} +$$

$$\frac{1}{2} \left[(46.65)(3.15) + (25.4)(3.13) \right]$$

$$L = 412.47 \text{ cm}$$

del inciso anterior:

$$b = 57.8 \text{ cm}$$

$$t = 0.794 \text{ cm}$$

Resumen de solución:

a. $d = 25.4 \text{ cm}$

$$D = 46.65 \text{ cm}$$

b. $\theta_1 = 3.13 \text{ rad}$

$$\theta_2 = 3.15 \text{ rad}$$

c. $\text{Area} = 45.9 \text{ cm}^2$

d. $L = 412.47 \text{ cm}$

$$b = 57.8 \text{ cm}$$

$$t = 0.794 \text{ cm}$$

2. Datos:

Motor con arranque por compensador de 30 HP a 370 rpm (30 HP = 22.38 kw) banda de cuero media de 3 capas.

Solución:

Paso 1):

Puesto que existe la limitación de que se debe emplear banda de cuero media de 3 capas, de la tabla 5.3 se elige un diámetro de 50.8 cm con un espesor de 11.9 mm y para hasta 20 cm de ancho:

$$d = 50.8 \text{ cm} = 0.508 \text{ m}$$

Paso 2):

Velocidad perimetral:

$$V = \frac{\pi DN}{60} = \frac{(\pi)(0.508)(370)}{60} = 9.84 \text{ m/s}$$

$$V = 9.84 \text{ m/s}$$

Paso 3):

Espesor, de la tabla 5.3:

$$t = 11.9 \text{ mm}$$

Paso 4):

Capacidad de transmisión de potencia, de la tabla 5.4, e interpolando:

$$K = 2.15 + \left(\frac{2.38 - 2.15}{10 - 9} \right) 0.84 = 2.343 \text{ kw/cm}$$

Paso 5):

Factores de corrección, de la tabla 5.5:

$$M = 1.5$$

de la tabla 5.6:

$$P = 0.9$$

Paso 6):

Ancho de la banda:

$$b = \frac{R \times M}{K \times P} = \frac{(1.5)(22.38)}{(0.9)(2.343)} = 15.92 \text{ cm}$$

Resultado final:

Diámetro de las poleas:

$$D = d = 50.8 \text{ cm}$$

ancho de la banda:

$$b = 15.92 \text{ cm}$$

3. Datos:

Transmisión por banda ahulada.

Molino a 250 rpm.

Motor eléctrico, jaula de ardilla 50 HP a 600 rpm:

$$C = 3 \text{ m}$$

Solución:

Paso 1):

Número de lonas.

Como la potencia es de 50 HP, de la tabla 5.8.a, se elige una banda con un número de lonas inicial de 5.

Paso 2):

Diámetro de poleas.

Eligiendo un diámetro de tal forma que la velocidad sea aproximadamente de 20 m/s, tenemos:

$$v = \frac{\pi d N}{60} \Rightarrow d = \frac{60 v}{\pi N}$$

$$d = \frac{(60)(20)}{\pi (600)} = 0.6366 \text{ m}$$

$$d = 63.66 \text{ cm}$$

Aproximándolo, tenemos:

$$d = 65 \text{ cm}$$

la relación de transmisión es:

$$r = \frac{600}{250} = 2.4$$

por lo tanto:

$$D = rd = (2.4)(65) = 156 \text{ cm}$$

$$D = 156 \text{ cm}$$

Paso 3):

Potencia transmisible.

La velocidad de la banda es:

$$V = \frac{\pi d N}{60} = \frac{\pi (65)(600)}{60} = 2042 \text{ cm/s} = 20.42 \text{ m/s}$$

de la tabla 5.9, e interpolando linealmente:

$$K = 2.20 + \left(\frac{2.32 - 2.20}{22.5 - 20} \right) 0.42 = 2.22016 \text{ kw/cm}$$

Paso 4):

Angulo de contacto:

$$\theta = \pi - 2 \text{ sen}^{-1} \left(\frac{D - d}{2C} \right)$$

$$\theta = \pi - 2 \text{ sen}^{-1} \left(\frac{156 - 65}{2(300)} \right) = 2.837 \text{ rad}$$

interpolando linealmente en la tabla 5.10, obtenemos el factor de corrección:

$$A = 0.9 + \left(\frac{0.95 - 0.9}{2.97 - 2.79} \right) (2.837 - 2.79) = 0.913$$

la potencia transmisible corregida será:

$$K' = (2.22016)(0.913) = 2.027 \text{ kw/cm}$$

Paso 5):

Ancho de la banda.

La potencia en kw del motor es:

$$50 \text{ HP} = (50)(0.7466) = 37.33 \text{ kw}$$

de la tabla 5.5 el factor de arranque es:

$$m = 1.5$$

por lo tanto, la potencia pico del motor es:

$$M = (37.33)(1.5) = 56 \text{ kw}$$

luego, el ancho de la banda es:

$$b = \frac{M}{K^*} = \frac{56}{2.027} = 27.63 \text{ cm}$$

de la tabla 5.11, se observa que para este ancho, el número de lonas (5) es adecuado.

Resumen de resultados:

Lona ahulada de 5 capas y 27.63 cm de ancho.

$$d = 65 \text{ cm}$$

$$D = 156 \text{ cm}$$

$$c = 3 \text{ m}$$

4. Datos:

Motor 50 HP a 1 200 rpm; d = 9 plg
compresor:

$$D = 30 \text{ plg}$$

$$c = 1.50 \text{ m} = 59 \text{ plg}$$

Solución:

Paso 1):

Potencia de diseño, de la tabla 5.12:

$$F.S. = 1.2$$

por lo tanto:

$$K_D = 50 \times 1.2 = 60 \text{ HP}$$

Paso 2):

Relación de velocidades:

$$r = \frac{D}{d} = \frac{30}{9} = 3.33$$

Paso 3):

Selección de la banda.

De la tabla 5.14, se tiene que para el diámetro de paso de la polea menor (9 plg) y para la potencia de diseño (60 HP), se debe utilizar una banda de:

SECCION C

Paso 4):

Diámetros de las poleas

Paso 5):

En este caso ya se cuenta con los diámetros:

$$D = 30 \text{ plg}$$

$$d = 9 \text{ plg}$$

Paso 6):

Longitud de la banda:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 2(59) + \frac{\pi}{2} (30 + 9) + \frac{(30 - 9)^2}{4(59)} = 181.13 \text{ plg} = 460 \text{ cm}$$

Paso 7):

Potencia transmisible por banda.

La velocidad perimetral es:

$$v = \frac{\pi d N}{60} = \frac{\pi (9) (1200)}{60} = 565.49 \text{ plg/s} = 14.36 \text{ m/s}$$

de la tabla 5.15, e interpolando linealmente:

$$K = 5.65 + \left(\frac{7.21 - 5.65}{15 - 10} \right) (4.36) = 8 \text{ HP/banda}$$

factor de corrección:

$$\theta = \pi - 2 \text{ ang sen} \left(\frac{D - d}{2C} \right) = \pi - 2 \text{ ang sen} \frac{30 - 9}{2(59)} =$$

$$\theta = 2.78 \text{ rad} = 159.5^\circ$$

por lo tanto, de la tabla 5.13:

$$A = 0.95$$

entonces:

$$K' = KA = (7)(0.95) = 6.65 \text{ HP/banda}$$

Paso 8):

Número de bandas:

$$N_g^c = \frac{K_D}{K'} = \frac{60}{6.65} = 9 \text{ bandas}$$

Resultados finales:

Tamaño de la banda:

$$\text{Banda sección C} \left\{ \begin{array}{l} \text{Ancho} = \frac{7}{8} \text{ plg} = 2.22 \text{ cm} \\ \text{Espesor} = \frac{17}{32} \text{ plg} = 1.35 \text{ cm} \\ \text{Largo} = 181.13 \text{ plg} = 460 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Número de bandas:

$$N_g^c = 9 \text{ Bandas}$$

5. Datos:

Motor de 2 HP a 1170 rpm.

Soplador a 300 rpm.

$$C = 1.5 D$$

Solución:

Paso 1):

Potencia de diseño.

De la tabla 5.12:

$$F.S. = 1.2$$

por lo tanto:

$$K_D = (1.2)(2) = 2.4 \text{ HP}$$

Paso 2):

Relación de velocidades:

$$r = \frac{1170}{300} = 3.9$$

Pasos 3 y 4):

Sección de la banda y diámetro de la polea.

De la tabla 5.14, se tiene que el diámetro mínimo para la potencia de diseño (2.4 HP) es de 3 plg para una de:

SECCION A

Paso 5):

Diámetro mayor:

$$D = rd = (3.9)(3) = 11.7 \text{ plg}$$

Paso 6):

Longitud de la banda:

$$C = 1.5 D = (1.5)(11.7) = 17.55 \text{ plg} = 17.6 \text{ plg}$$

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 2(17.6) + \frac{\pi}{2} (11.7 + 3) + \frac{(11.7 - 3)^2}{4(17.6)} = 59.4 \text{ plg}$$

$$L = 59.4 \text{ plg} = 151 \text{ cm}$$

Paso 7):

Potencia transmisible por banda.

La velocidad perimetral es:

$$v = \frac{\pi d N}{60} = \frac{\pi (3) (1170)}{60} = 183.78 \text{ plg/s} = 4.67 \text{ m/s}$$

de la tabla 5.15, e interpolando, tenemos:

$$K = 0 + \left(\frac{0.66 - 0}{5 - 0} \right) 4.67 = 0.61644 \text{ HP/banda}$$

para el factor de corrección, tenemos:

$$\left(\frac{D - d}{C} \right) = \frac{11.7 - 3}{17.6} = 0.4943$$

y de la tabla 5.13:

$$D = 0.92$$

entonces:

$$K' = KA = (0.61644)(0.92) = 0.567 \text{ HP/banda}$$

Paso 8):

Número de bandas:

$$N_B^2 = \frac{K_P}{K'} = \frac{2.4}{0.567} = 4.23 \text{ bandas}$$

Resultados finales:

Banda V de Sección A	Ancho = $\frac{1}{2}$ plg = 1.27 cm
	Espesor = $\frac{11}{32}$ plg = 0.87 cm
	Largo = 59.4 plg = 151 cm (mínimo)

Diámetros (mínimos) de las poleas:

$$d = 3 \text{ plg} = 7.62 \text{ cm}$$

$$D = 11.7 \text{ plg} = 29.72 \text{ cm}$$

Número de bandas:

$$N_B = 5 \text{ Bandas}$$

BIBLIOGRAFIA BASICA

JENSEN CH,
Dibujo y Diseño de Ingeniería
México, McGraw - Hill, 1973.

BLACK H. PAUL Y EUGENE O. ADAMS.
Machine Design
Tokyo, McGraw - Hill, 1968, 3a. ed.

SHIGLEY EDUARD.
Diseño en Ingeniería Mecánica
México, McGraw - Hill, 1968.

Dodge Engineering Catalog
USA. The Reliance Electric Co. 1978.

FAIRES, V.M.
Design of Machine Elements
Hong Kong, Collier Mc Millan
International Editions, 1969, 4a. ed.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

PHELAN, RICHARD.
Fundamentals of Mechanical Design
New Delhi, Tata McGraw - Hill
Publishing Company LTD, 1975.

DEUTSCHMAN, AARON, et. al.
Machine Design. Theory and Practice
New York, Macmillan Publishing, 1975.

JUVINAL, RC.
Fundamental of Machines Components Design
New York, Ed. John Willey and sons, 1983.