Ministerio de Educación Superior.

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

"Dr. Antonio Núñez Jiménez".

Facultad de Metalurgia y Electromecánica.

Departamento de Ingeniería Mecánica.

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Tema: Preparación metodológica del curso de postgrado "Tecnología y equipos electromecánicos".

Diplomante: Wilfredo Durán Martínez.

Tutores: Dr. Alberto Turro Breff.

M. Sc. Oris R. Silva Diéguez

"Año 49 del triunfo de la revolución"

Julio 2007.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Yo: Wilfredo Durán Martínez.

Autor de este trabajo de diploma certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

_____

Firma del Diplomante.

_____ _____

Firma del tutor Dr. Alberto turro Breff. Firma del tutor Msc. Oris Ramón Silva Diéguez.

PENSAMIENTO

“Si bien el ingenio humano puede generar inventos diversos que, mediante la ayuda de diversas máquinas responden a un mismo fin, nunca ideará invento alguno más hermoso, ni más simple, ni más ajustado a su fin que los que la propia naturaleza hace; porque en sus creaciones nada falta ni nada es superfluo, y no necesita contrapeso cuando dota el cuerpo de los animales con extremidades adecuadas para su movimiento.”

Leonardo Da Vinci.

RESUMEN.

El presente trabajo en cuestión trata sobre la preparación metodológica del curso de postgrado Tecnologías y Equipos Electromecánicos, perteneciente al, programa de Doctorado curricular en electromecánica y a la maestría en electromecánica, basada en la utilización de las tecnologías de la comunicación (TIC), como herramienta para lograr aplicar métodos de enseñanzas semiprecencial, que permitan incrementar el trabajo independiente de los estudiantes, mayor vinculación a las actividades prácticas, vinculación a la actividad laboral investigativa y reducir la presencia del profesor en el aula y que a través de método interactivo se logre mayor comunicación profesor estudiante.

La creación de una página Web da como elemento principal, que todo el contenido del curso va a estar en soporte magnético, organizado por temas. Los tamas se encuentran con sus respectivos objetivos, contenidos y actividades a realizar.

Se le realizó la estructuración del proceso docente-educativo incluyendo la actividad de aplicación de las TIC, y los materiales complementarios, situados el la Web.

SUMMARY

This diploma paper presents a methodological preparation on the post grade course Technology and Electromechanical Equipment, included in the curriculum for doctor and master's degree on Electromechanics, based on the utilization of the new technology for communication, as a powerful tool to implement non teacher-centered teaching methods. This approach will allow for increasing the student's independent work, a deeper involvement in practical tasks as well as labor research and reducing the presence of the teacher in the classroom while achieving a deeper teacher-student communication.

The creation of a web page results in offering all the content of the course in magnetic media, indexed by chapters, objectives, content and tasks.

The content has been structured from the teaching-learning process perspective, including the activity for the application of the new technology for communication, supportive materials, uploaded to the web page.

INDICE.

INTRODUCCIÓN. 1

CAPITULO I. Proceso de enseñanza y aprendizaje del curso "tecnologías y Equipos Electromecánicos". 6

1- Introducción 6

1.1 Referentes teóricos de la Didáctica. 6

1.1.1 – Categorías fundamentales de la didáctica. 6

1.1.2 – Leyes de la Didáctica (Álvarez C. 1992). 9

1.1.3 - Consideraciones del Sistema de Principios didácticos. 14

1.2 Proceso de enseñanza aprendizaje del curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos" correspondiente a los programas de la Maestría y Doctoral 15

1.2.1 – Dinámica del diseño del proceso docente educativo. 15

1.2.2 – Eslabones del proceso Docente Educativo del curso "Tecnologías y Equipos electromecánicos". 16

2.2.3 - Caracterización teórica del curso "Tecnologías y equipos electromecánicos". 20

2.2.4 – Fundamentación teórica del diseño curricular del curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos". 19

2.2.5 – Fundamentos psicopedagógicos que sustentan la investigación del programa de postgrado en el curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos" en Electromecánica. 25

2.2.6 – Estructura del proceso docente educativo del curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos". 27

2.2.7 – Conclusiones del capítulo. 28

CAPITULO II. Propuesta de la estructuración metodológica del proceso docente educativo del curso de postgrado Tecnologías y equipos electromecánicos, modalidad semipresencial. 29

2- Introducción 29

2.1 - Características de la modalidad semipresencial implementada en el curso de postgrado "Tecnologías y Equipos Electromecánicos. 30

2.2- Aspectos Específicos de la modalidad semipresencial en el curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos". 34
2.3 Propuesta del diseño metodológico del curso "Tecnologías y equipos Electromecánicos" en la modalidad semipresencial. 52
2.3.1 - Estructura del curso **"**Tecnologías y Equipos Electromecánicos". 54
2.3.2 - Invariante. 54
2.3.3 – Contenido por temas del curso de postgrado "Tecnologías y Equipos Electromecánicos". 54
2.3.4 – Métodos y formas organizativas: P1. 56
2.4 - Valoración final del trabajo. 60
2.5 - Conclusiones del capítulo. 61
CONCLUSIONES 62
RECOMENDACIONES 63
BIBLIOGRAFIAS. 64

INTRODUCCIÓN.

El postgrado (según Álvarez C.) cuyo fin es formar a aquellos que en él participan, por lo tanto, es un proceso docente educativo como el pregrado, a diferencia del proceso investigativo cuyo fin esencial es descubrir, crear. En el postgrado el objetivo es formar, aunque puede haber en mayor o menor medida un resultado investigativo dependiendo de la modalidad o tipos de dicho proceso formativo y puede incluir aspectos de la ciencia y la tecnología de una cierta profesión, en consecuencia debe ser más sistemático, profundo y creador que la formación pregrado.

El proceso docente de postgrado como el de pregrado se concibe y organiza a partir de los problemas presentes en la sociedad en una rama en cuestión.

El postgrado como proceso docente que es al igual al pregrado tiene un objetivo, un contenido a desarrollar, un método o modo de actuación, una estructura de organización o forma, los medios que son necesarios para su desenvolvimiento y la evaluación de dicho proceso.

Ante la pregunta ¿Por qué se desarrolla el postgrado?, la respuesta la tenemos en que la formación postgraduada de todos aquellos graduados universitarios es una necesidad como consecuencia de los ritmos de desarrollo de la ciencia, la técnica y el arte en la actualidad. Mantenerse actualizado es hoy imprescindible en un mundo globalizado y competitivo en que el desafío profesional de calidad es una condición. Además, la solución de los problemas a que se enfrenta el profesional competitivo requiere el dominio, por parte de este, de la lógica de la profesión, de la ciencia o de las ciencias, y en especial, de la lógica de la investigación científica.

El proceso de formación postgraduada se desarrolla con el fin de superar a los profesionales, tanto los que como profesores permanecen en las universidades, como aquellos que pasan directamente a trabajar en la producción y los servicios.

Los fines específicos de cada tipo de formación postgraduada es consecuencia de expresar de un modo generalizado las pretensiones que se aspiran formar en el egresado del postgrado, y que lo capacitan para enfrentarse a los problemas propios de su actividad laboral, con un criterio profundo y sistémico y de un alto grado de asimilación de los contenidos con énfasis en lo contenido.

La determinación y sistematización de los problemas posibilita establecer los objetivos: estos, deben precisar el resultado final en que aparece explícitamente la capacidad de formar, que les permita adaptarse razonablemente a los cambios y la diversidad tecnológicos, económicos y culturales: y los conocimientos generalizados y consecuentemente más esenciales de todo la formación que se le ofrece al estudiante de postgrado.

Esta responde a las necesidades sociales, convierte a la Universidad en una institución de educación permanente, de servicios educativos a la sociedad, de formación postgraduada.

Por sus propias características la educación de postgraduado genera la posibilidad de preparar al participante en esos tipos de cursos para que de respuestas a los problemas que son consecuencia de los procesos de cambios económicos y políticos, regionales y mundiales, a los que se suman la presencia de numerosas y diversas culturas.

La concepción de los programas de educación de postgrado debe considerar la formación, como un proceso, en el cual el objetivo no solo expresa ciertos conocimientos y habilidades, sino transformaciones en las actitudes, en la visión de su propia práctica, cuestiona conceptos vinculados con la función que se realiza; la formación debe ser concebida con un carácter personal, confiriéndole especialidad al proceso.

Los objetivos a lograr en el postgrado serán, en consecuencia: de tipo instructivo, en el que se precisen las capacidades a formar y los conocimientos a asimilar; y de tipo educativo, que muestren valores éticos y morales, que expresen una plena conciencia de la solución y los problemas culturales, ambientales y sociales, y todo ellos con un mayor grado de asimilación, tendiente a lo creativo, mayor profundidad o esencia y mayor grado de sistematización o integración de todo el contenido profesional, lo que hace más eficiente, eficaz y productivo y, consecuentemente, competitivo al egresado en el mercado profesional.

En el postgrado, como en el pregrado, están presente lo académico, lo laboral y lo investigativo, sin embargo, una diferencia importante radica en que el postgrado, por ser sus estudiantes ya profesionales el componente laboral-investigativo desempeña un

papel más significativo que en el nivel educativo anterior; en el postgrado lo académico a de tener una tendencia a su reducción mientras que lo profesional/laboral y lo investigativo tiene el mismo peso.

El proceso docente del postgrado, como cualquier otro proceso docente, se sustenta y rige por las leyes generales de la didáctica, como ciencia, pero tiene sus especificidades que hacen que tengamos que hablar de una didáctica del CUARTO NIVEL DE EDUCACIÓN.

En el cuarto nivel de educación, el carácter profesional del proceso enseñanza-aprendizaje es más marcado que en la educación de pregrado, elevándose a un primer plano. Ese criterio hace que lo metodológico en el postgrado posee rasgos propios que pasaremos a explicar.

Si en general la educación superior muestra una tendencia hacia una instrucción participativa mediante el uso de los métodos de enseñanza y aprendizaje problémico, en la formación postgraduada, por el carácter profesional de sus participantes, el énfasis es aún mayor, lo cual se manifestará en lo académico.

En otras palabras no tiene justificación alguna que en un curso de postgrado la mayor parte del tiempo prime la exposición del docente. Por el contrario a de estar presente la motivación y la creación de espacio de búsquedas de inquietudes que tienen que pasar por el planteamiento de un problema que se identifique o se acerque a los intereses y necesidades de los participantes y que además fue una de las causas de que esté en dicho curso.

Por su puesto que para resolver el problema se hace necesario la información teórica pero esta se puede adquirir no solo de la exposición profesional sino también por otras fuentes de información, tales como, el libro, la revista científica y las monografías, el correo electrónico y otras. El objetivo de formar hombres capaces y el método es aprender haciendo, enfrentándose a los problemas y resolviéndolos; en un principio con ayuda del docente, pero rápidamente y por la iniciativa propia haciendo uso de su actividad independiente. Lo participativo, en la educación postgraduada, es ser independiente en la solución de problemas.

Por esta razón estos tipos de cursos tienen que tener un amplio carácter democrático. Los intereses e incluso los gustos de los participantes tienen que influir decisivamente

en el método a emplear pero incluso en los contenidos a aprender. Es decir, el diseño del curso se debe desarrollar mediante la participación activa de los participantes; Así mismo en su precisión operativa durante la ejecución del mismo.

Lo democrático, lo participativo, lo problémico y lo independiente son los rasgos característicos del postgrado, siendo estas características las que dan lugar a la autorrealización del participante y por tanto a su comprometimiento en la tarea docente que ejecuta. Mientras no posea esas características no es su curso, le es ajeno; si las posee, entonces si le será instructivo, si le será formativo.

En consecuencia con la concepción del postgrado, el sujeto participante no solo adquiere ciertos conocimientos y habilidades, sino que transforma actitudes, cambia la visión de su propia practica cuestionando aspectos vinculados con su profesión de manera consiente y activa. Esto solamente es posible cuando el proceso se desarrolla en forma participativa y donde la propia práctica constituya punto de partida para el debate y la generalización. Sin que ello signifique que no se tengan los objetivos trazados. Que no se tenga prevista una sistematización del contenido.

Los procesos de postgrado de formación académica (según Álvarez C.) son fundamentalmente:

- Especialidad
- Maestría
- Doctorado

La especialidad es el tipo de curso de formación académica y el objetivo es ofrecerle al cursista una formación sistémica en una rama del saber que le posibilite enfrentarse a los problemas profesionales de su actual o futura actividad en un orden cualitativamente superior al egresado de pregrado, como consecuencia de un aprendizaje más profundo y sistémico, que posibilite la solución de problemas profesionales de un modo más eficiente y eficaz y en consecuencia con un mayor grado de competitividad de su desempeño profesional.

La Maestría es el tipo de curso y formación académica en el cual el participante es capaz de, aplicando la metodología de la investigación, proponer un aspecto **innovador** en su actividad profesional, sobre la base de un profundo dominio de su objeto de trabajo. Lo innovador, que si exige elementos de creatividad, no obliga a que el

investigador ofrezca un aporte teórico al cuerpo doctrinal de una ciencia o rama del saber.

El Doctorado es el tipo de curso de formación académica de postgrado conducente a la obtención de un grado científico, en la cual el participante es capaz, aplicando la metodología de la investigación científica, de enriquecer una rama de la ciencia mediante un **aporte teórico,** que a la ves, se haya introducido en la práctica social o que demuestre la potencialidad de que así sea, sobre la base de un profundo dominio de su objeto de trabajo.

Las tecnologías de informática y las comunicaciones (TIC) han permitido el desarrollo integral del ingeniero, lograr la modelación de procesos físicos y su simulación en el más breve tiempo posible y con gastos mínimos de recursos, facilitando a investigación y la predicción de determinados fenómenos.

El ingeniero como todo profesional en un país responde a las necesidades que plantea el desarrollo social, técnico y económico del mismo en el contexto histórico de la época en que se enmarca. Este profesional debe ser capaz, desde posiciones filosóficas bien definidas, de enfrentarse a los problemas más generales y frecuentes en la producción y los servicios con el fin de resolverlos, demostrando con ello independencia y creatividad. Esto evidencia la necesidad de ofertar cursos de postgrados, diplomados, maestrías y doctorados a los profesionales para la continuidad y el cambio en la ciencia y la innovación tecnológica.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis y búsqueda bibliográfica acerca de los aspectos teóricos más importantes que caracterizan el objeto de estudio así como la estructuración del proceso docente.

Situación problemática:

A Partir de la aprobación por el MES del programa de Maestría y Doctorado Curricular en Electromecánica y de la experiencia adquirida en la impartición del curso de postgrado a profesionales de todo el país y teniendo en cuenta la aplicación de nuevos conceptos pedagógicos en la estructuración del proceso docente educativo y la aplicación de las Tecnologías de las informáticas y las comunicaciones (TIC), se

requiere una transformación en los métodos más avanzados de enseñanza aplicando la semiprecencialidad acorde con las caractiríticas y peculiaridades en la actividad de postgrado que se realizan en nuestra institución.

En aras de continuar el perfeccionamiento del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” para superación del profesional en electromecánica, en el sentido de diseñar programas con mayor nivel de integración y sistematización del proceso docente educativo presentamos el siguiente problema científico:

Problema científico:

Insuficiencias en la estructura metodológica del proceso docente educativo del curso de postgrado curricular “Tecnologías y equipos electromecánicos” en el programa de Maestría y Doctorado curricular en electromecánica del ISMMM.

El problema que hemos presentado se manifiesta de forma precisa en el objeto de estudio definido por:

Objeto de estudio:

Proceso docente educativo del curso de postgrado “Tecnologías y equipos electromecánicos” en el programa de Maestría y Doctoral de Electromecánica en el Instituto Superior Minero Metalúrgico.

La importancia de la elaboración del proceso docente educativo que conjugue su diseño, desarrollo y la necesidad de una coherente superación en el curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” del profesional nos permiten plantear el objetivo de investigación:

Objetivo:

Elaborar la preparación metodológica del proceso docente del curso de postgrado "Tecnologías y equipos electromecánicos" de la Maestría y del programa de Doctorado Curricular en Electromecánica en el ISMM.

Dada la importancia de una concepción sistemática del objeto de estudio, nos hemos propuesto resolver sobre la base del problema existente se establece la siguiente hipótesis:

Hipótesis:

Si se elabora la preparación metodológica del curso de postgrado "Tecnologías y equipos electromecánicos" en el programa de Maestría y Doctorado que incluye la página Web y la Guía de Estudio en la modalidad semipresencial, entonces se contribuye al perfeccionamiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Tareas de investigación

- Realizar de búsqueda bibliográfica actualizada sobre didáctica en la educación superior.
- Elaborar los materiales complementarios de los contenidos necesarios para la impartición del curso.
- Elaborar la preparación metodológica del curso "Tecnología y Equipos Electromecánicos".
- Diseño y elaboración de la página Web del curso de "Tecnología y Equipos Electromecánicos".
- Elaborar la Guía de Estudio del curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos".

Los métodos que se utilizaron estuvieron determinados principalmente por el objetivo de la investigación y las tareas planteadas (según Álvarez C.)**.**

- Teóricos, Dialéctico, Histórico lógico.
- Análisis y síntesis: se realizó el análisis para fundamentar las insuficiencias que presenta el curso de postgrado “Tecnologías y equipos electromecánicos” en la distribución, planificación, organización y desarrollo del contenido en las aras de dar cumplimiento a los objetivos declarados y para llevar a cabo el análisis y la caracterización del objeto de estudio.
- Sistémico estructural: El proceso Docente instructivo debe planificarse con un enfoque sistémico. La propuesta del programa del curso de postgrado “Tecnologías y equipos electromecánicos” se estructuró de tal manera que cumpla con una estructura funcional.

Aportes prácticos fundamentales:

- Propuesta de la preparación metodológica del curso “Tecnología y Equipos Electromecánicos”.
- Elaboración de la página Web del curso “Tecnología y Equipos Electromecánicos”.
- Elaboración de la Guía de Estudio del curso “Tecnología y Equipos Electromecánicos”.

CAPITULO I. Proceso de enseñanza y aprendizaje del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”.

1- Introducción

Las transformaciones llevadas a cabo en el sistema educacional con el fin de alcanzar una cultura general integral y universalizar la educación superior, han influido notablemente en la enseñanza a todos los niveles. Entre ellos es posible destacar el incremento en la matrícula de estudios superiores.

Paralelamente, el perfeccionamiento sistemático de los planes de estudio exige de profesores y estudiantes la concepción y empleo de nuevos métodos y medios de enseñanza.

El presente capítulo tiene como objetivo mostrar algunas características del proceso docente-educativo en Cuba, para ello se procede al tratamiento de aspectos tales como: las categorías y leyes fundamentales de la didáctica, la dinámica del diseño del proceso docente-educativo, la clasificación de las clases en el ámbito académico, los eslabones del proceso docente-educativo, la estructuración del contenido a través del enfoque de invariante, la estructuración del proceso docente-educativo en postgrado y rol del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” en el programa de maestrías y doctorado en Electromecánica.

1.1 Referentes teóricos de la didáctica.

1.1.1 – Categorías fundamentales de la didáctica.

La didáctica es la ciencia que tiene como objeto de estudio el proceso docente-educativo dirigido a resolver la problemática que se le plantea a la escuela: La preparación del hombre para la vida de modo sistemático y eficiente.

Elementos básicos de la didáctica. Un papel importante y primordial significan los elementos básicos de la didáctica, dentro de esos está su tarea fundamental, las leyes

fundamentales de la dinámica del diseño del proceso educativo, las componentes y los eslabones que se relacionan entre sí formando un todo único.

Tarea fundamental de la didáctica: es la de estudiar los distintos componentes que caracterizan el proceso: el contenido, las formas y métodos de enseñanza, los medios de enseñanza, de modo tal de alcanzar el encargo social, apoyándose para ellos en las leyes y regularidades inherentes a dicho proceso, a la dinámica del proceso.

El proceso docente-educativo como cualquier otro objeto en el espacio y tiempo.

El tiempo es un paso determinante para el desarrollo del contenido, para el logro de los objetivos. Ese marco existencial acota los aspectos más importantes del proceso. El lugar donde se desarrolla el proceso docente-educativo es la brigada estudiantil que al alcanzar la condición de grupo o colectivo crea las condiciones para lograr eficientemente los objetivos propuestos. El proceso docente-educativo se desarrolla no solo en el aula sino también fuera de la institución universitaria, de acuerdo con las necesidades del profesional.

En el proceso docente-educativo de la asignatura el papel orientador lo desarrolla el profesor como representante de la sociedad en dicho proceso y la planificación, quien les plantea los objetivos a los estudiantes. En la medida que el estudiante sea más consciente, y haga sus objetivos, lograra de manera más espontánea, al aprendizaje manifestando de ese modo su independencia, entonces, la contradicción adquiere un carácter más evidente social entre los fines que debe lograr, que se concretan en el programa en el texto y el nivel alcanzado por el estudiante que individual e independiente se auto dirige, como sujeto de aprendizaje, para arribar a dichos objetivos.

En el proceso docente-educativo el papel orientador lo desarrolla el profesor como representante de la sociedad en dicho proceso y es quien plantea los objetivos a los estudiantes.

El proceso docente-educativo del curso se entiende como un sistema o conjunto de componentes que comprenden los objetivos, el contenido, los métodos, formas y el sistema de evaluación que interactúan estática y dinámicamente para resolver el encargo social. La dialéctica materialista como metodología general, permite vincular la

enseñanza de las ciencias naturales tanto el sistema de los conocimientos científicos, como el de la concepción del mundo. En consecuencia la enseñanza de estas ciencias se realiza entre los puntos de vista materialista, a lo largo de la historia de la ciencia que se trate, y al propio como una crítica a las tergiversaciones idealistas de las ciencias naturales modernas, siempre con un enfoque dialéctico materialista de los descubrimientos modernos.

Asimismo tiene en cuenta que la teoría del conocimiento del marxismo-leninismo contribuye al fundamento de la enseñanza en cada una de las ciencias impartidas en todos los tipos de niveles del sistema nacional de educación.

El proceso docente-educativo y su ciencia, la Didáctica, forma parte de un proceso amplio: el proceso educativo que tiene en la pedagogía la ciencia que lo estudia.

La pedagogía es la ciencia que estudia la educación de las nuevas generaciones en todos sus aspectos, cuyos responsables son las escuelas, la familia, organizaciones políticas y de masas y toda la sociedad en su conjunto, resume todos los tipos de actividades que desarrolla el estudiante durante sus años de formación, el cual depende del tiempo y tiene naturaleza social. Educación que se realiza con el empleo de los diferentes medios de difusión masiva o instituciones sociales.

La naturaleza social del proceso docente-educativo proviene de la teoría marxista de que... “la naturaleza social no es algo abstracto inherente al individuo. En la realidad es el conjunto de las acciones sociales”. Este acierto refleja que lo docente se preciso en el manifiesto comunista por Marx y Egels, en el se establece la dependencia de la educación de la sociedad.

La didáctica como parte fundamental de la pedagogía recae como los procesos de enseñanza cognoscitivos, pero a través de una materia específica que imparte un profesor. Por tanto, su objetivo es el proceso docente-educativo, dirigido a resolver la problemática que se plantea en la escuela superior del modelo del encargo social. La formación de un profesional de perfil amplio, capaz de resolver con profundidad e integralidad independientemente y creadoramente, los problemas básicos y generales que se presentan en los distintos cambios de acción de su objeto de trabajo, sobre la base de un profundo dominio de conocimientos y habilidades correspondientes a la rama del saber que estudia dicho objeto.

De lo anterior planteado se define que el proceso docente-educativo en sí mismo es la actividad o conjunto de acciones sistematizadas o interrelacionadas del profesor y los estudiantes que se desarrolla con el fin de lograr los objetivos, durante la apropiación del contenido planificado.

Resumiendo lo hasta aquí dicho, la didáctica estudia el proceso docente-educativo ante todo como tipo particular de actividad social, es decir, es la actividad dirigida a cumplimentar el encargo social que se desarrolla en forma consciente y planificada. Su especificidad radica en la interrelación de dos tipos de actividad: la enseñanza y el aprendizaje, de la que surge su contradicción fundamental.

1.1.2 – Leyes de la didáctica (Álvarez C. 1992).

Para la óptima planificación, organización y ejecución del proceso docente-educativo y de las investigaciones pedagógicas es esencial el dominio de las leyes de la didáctica las cuales constituyen un sistema armónico que permite organizar, dirigir y controlar adecuadamente el proceso docente-educativo, resolviendo con su aplicación creadora los problemas inherentes, ellas muestran la dialéctica que se establece entre los distintos componentes del proceso docente-educativo.

Primera ley: La escuela en la vida.

Esta ley establece la relación entre el proceso docente-educativo como objeto y como sistema y el medio que lo rodea: la sociedad. Los objetivos se convierten de ese modo en el modelo pedagógico que se debe alcanzar y sirve de vínculo entre la escuela y la sociedad, precisa las acciones de profesores y estudiantes además de determinar las características de cada estadía del proceso docente-educativo.

En esencia esta ley plantea la relación dialéctica existente entre OBJETO, PROBLEMA Y OBJETIVO: en el que dos de estas categorías pedagógicas son contrarios dialécticos, y dicha contradicción desaparece en la tercera; de tal manera que la contradicción entre el problema y el objetivo se resuelve cuando el estudiante domine el objeto de la correspondiente ciencia, con lo cual será capaz de resolver el problema y con ello de cumplir el objetivo; de forma análoga, la contradicción entre el problema y el objeto se resolverá cuando el egresado domine el objetivo, entonces será capaz de resolver el

problema y dominará el correspondiente objeto de la rama del saber o ciencia correspondiente; finalmente, la contradicción entre el objetivo y objeto se resolverá cuando el egresado sea capaz de resolver el problema, con lo cual cumplirá con el objetivo y dominará el objeto de su correspondiente rama del saber.

El objeto de estudio: es un proceso en constante cambio y transformación que establece el vínculo entre la sociedad y la escuela.
El mismo objeto manifiesta una mutua dependencia con el problema debido a que los mismos son contrarios, lo cual se puede apreciar en la triada de la primera ley, la misma está constituida por estos dos elementos más el objetivo que se debe resolver, para con este facilitar la resolución del proceso docente-educativo en el contexto social, lo que lleva a la satisfacción del problema que este genera en el objeto, logrando de esta forma que el egresado transforme la situación.

El problema: Es la situación presente en el objeto de la profesión del futuro egresado y que exige la participación de este para su modificación, el elemento que objetivamente une a la realidad social con la institución docente.

El objetivo: Es el modelo pedagógico del encargo social, por tanto, es una categoría rectora o inductora del proceso docente-educativo, responde a la pregunta ¿para qué enseñar? Contiene una habilidad generadora, esencial e integradora y presupone un sistema de conocimientos. En esencia recoge la capacidad que debe tener el futuro egresado de enfrentarse a los problemas de su objeto de trabajo, resolverlo de manera creadora y con ello enriquecer dicho objeto.

Segunda ley: Relaciones entre el objetivo, contenido y el método de enseñanza y aprendizaje.
Refiere en esencia la relación dialéctica entre el objetivo, el contenido y el método.
Estas dos categorías son contrarios dialécticos y la contradicción entre ambas se resuelve a través del tercer elemento de la triada dialéctica. “Lo que uno aprecia, al menos externamente en la superficie, en el fenómeno instructivo, es el contenido, lo

que subyace en el objetivo…” el contenido se manifiesta, el objetivo es su esencia. Así por ejemplo, la contradicción entre el objetivo y el contenido se resuelve a través del método, la adecuada selección y aplicación de este último, permite que el estudiante domine el contenido, que cumpla el objetivo previsto; la contradicción entre el objeto y el método se resolverá cuando el estudiante domine el contenido, entonces será capaz de aplicar los adecuados métodos y cumplir el objetivo.

El **objetivo,** que presupone un sistema de conocimientos, recoge una sola habilidad generadora y esencial, mientras el **contenido** recoge además de su respectivo sistema de conocimientos, un sistema de habilidades específicas, que contiene la parte de la cultura de la humanidad que requiere asimilar el estudiante para su aprendizaje, responde a la pregunta ¿Qué enseñar?. Es más rico, detallado y analítico que el objetivo. La incomprensión objetivo-contenido ha llevado a la presentación tradicional de clases, temas y asignaturas con gran contenido de objetivos; lo cual, según la teoría de la dirección, es ineficiente. En particular, el tema de ser considerado como la unidad básica de la organización del proceso docente-educativo que se destina al cumplimiento de un solo objetivo general, esencial e integrador. Esta ley presenta el **método** como el elemento más dinámico, cambiante, rico y permite conformar la futura forma de pensar y actuar del egresado. Es la categoría ejecutora cuando la utiliza el profesor es un método de enseñanza y cuando lo utiliza el alumno es un método de aprendizaje. Responde a la pregunta ¿Cómo aprender?, ¿Cómo enseñar?.

El método de forma general es:

1. Función del objetivo y contenido a impartir.
2. Función de la lógica de la ciencia.
3. Depende de la independencia del estudiante.
4. Función de la instrucción y de la educación.
5. Cuando es problémico es más motivante y permite el desarrollo de las potencialidades productivas y creativas del futuro egresado.
6. Tiene carácter social.
7. Es necesario planificarlo, organizarlo, desarrollarlo y controlarlo.

La contradicción fundamental del proceso docente-educativo es la que se establece entre el **objetivo** (como categoría rectora que recoge el encargo social, la aspiración de la sociedad de materializar un egresado capaz de resolver los problemas científico-técnicos que se presentan en su seno) y el **método** (como categoría inductora y ejecutora del proceso docente-educativo).
La solución de un problema es el modo concreto de realizar el objetivo, el contenido y el método de enseñanza y aprendizaje. La solución lleva a la aplicación del método y recoge la dialéctica entre el problema (lo social) y el objetivo (lo docente).

La enseñanza, tanto por su contenido como por sus métodos, debe ser un poderoso medio de desarrollo intelectual y moral del hombre.
En el proceso docente-educativo no se da solo la educación, sino también la instrucción que con carácter de ley se ofrece como vínculo entre lo cognoscitivo y afectivo.

Estos objetivos se dividen en:

- Objetivos educativos.
- Objetivos instructivos.

Objetivos educativos: Están dirigidos a lograr transformaciones trascendentales en la especialidad de los educados tales como: sentimientos, valores, convicciones, capacidades, etc.

Objetivos instructivos: De menor trascendencia y que están vinculados con el dominio por los estudiantes del contenido de la asignatura y la formación del pensamiento lógico.

Esta ley presenta, además, **al método** como el elemento más dinámico, cambiante y rico para conformar la futura forma de pensar y actuar del egresado, es la categoría ejecutora primaria, cuando la utiliza el profesor, es un método de enseñanza y cuando la utiliza el alumno es un método de aprendizaje. Responde a las preguntas ¿Cómo aprender?, ¿Cómo enseñar?

La solución del problema es el modo objetivo de relacionar el objetivo, el contenido y el método de enseñanza y aprendizaje.
En Cuba el sistema educativo tiene como fin la formación integral y armónica de la personalidad para lo cual es necesario lograr al más alto nivel los objetivos siguientes: Educación intelectual, la educación científico-técnica, la educación político-ideológica, la educación física, moral, estética, política, laboral y patriótico-militar.

Tercera ley: Derivación e integración o sistematización.

Esta ley se manifiesta en el diseño del proceso, en la elaboración de los planes y programas de estudios donde al terminar los objetivos del nivel o carrera, están implícitamente significadas las características y tareas docentes: la integración es la lógica inversa a la analizada. Esta interrelación conforma un sistema con un resultado que ofrece una cualidad nueva de donde se derivan e integran los objetivos, contenidos y los métodos.

Cuarta ley: Relación entre la instrucción y la educación.

La educación tiene como fin la formación de la concepción dialéctico-materialista del mundo sobre la base sólida de los conocimientos científicos y su transformación, convicciones morales y motivos de conducta.

Los conocimientos deben apoyarse en la práctica de la actividad social del estudiante. Este aprende a actuar de acuerdo con los intereses del colectivo y se propone como meta los objetivos de la sociedad.

Esta práctica va formando sentimientos y costumbres morales que constituyen la base para la asimilación de las normas y reglas morales. Además contribuye al desarrollo del gusto estético, al desarrollo físico, a la formación ideológica y de cualidades del carácter que transforman al individuo en un constructor activo de la sociedad socialista.

Dentro del proceso docente-educativo se da no sólo la educación, sino la instrucción que con carácter de la ley se ofrece como vehículo entre lo cognoscitivo y lo objetivo.

La instrucción está vinculada con los conocimientos científicos que deba asimilar el estudiante de una rama determinada de la ciencia; en la asignatura significa: La preparación del estudiante para resolver determinados problemas que se le presenten en su vida profesional. Se manifiesta en un intervalo de tiempo menor y sirve como complemento a la formación del profesional.

1.1.3 - Consideraciones del Sistema de Principios didácticos.

*Principio del carácter científico y educativo***:** Este principio se considera básico en la formación del profesional, ya que expresa con exactitud la determinación de la enseñanza, su calidad, intención, orientación, así como la tendencia pedagógica predominante.

*Principio de la sistematicidad***:** Este principio está estrechamente relacionado con la derivación de objetivos desde la carrera, disciplinas, asignaturas, temas y en cada una de las clases que se imparten.

*Principio de la vinculación de la teoría con la práctica***:** En las diferentes formas organizativas del proceso se pone de manifiesto esta relación, porque si bien es importante pertrechar a los estudiantes de los conocimientos de una parte de la cultura de la humanidad que se relaciona directamente con la profesión, es indispensable la adquisición de las habilidades prácticas que trae aparejado el dominio de los conceptos, leyes y procedimientos relacionados con la ciencia de la profesión.

*Principio de la combinación estudio-trabajo***:** Si partimos de que las universidades dan respuesta a la necesidad social de los profesionales, entonces los mismos deben egresar con las habilidades necesarias para dar solución a los problemas profesionales, y para lograr la formación de estas habilidades, desde los primeros años académicos se vincula al estudiante con el ambiente laboral.

Principio del carácter consciente y de la actividad independiente de los estudiantes: El maestro como conductor del proceso docente-educativo debe ejercer una influencia educativa en la formación de la personalidad de los estudiantes, ser ejemplo vivo para los mismos es la mejor forma de educar.

*Principio de la asequibilidad***:** Este principio parte de la exposición del conocimiento de lo sencillo a lo complejo, de lo conocido a lo desconocido y de lo concreto a lo abstracto.

1.2 Proceso de enseñanza aprendizaje del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” correspondiente a los programas de la Maestría y Doctoral

1.2.1 – Dinámica del diseño del proceso docente-educativo.

La dialéctica del proceso docente-educativo tiene su base en las contradicciones internas que actúan como fuerzas motrices, la formación y desarrollo de la personalidad. La dinámica del proceso docente-educativo se puede desarrollar sobre una base productiva, en la que el estudiante jugaría un papel activo en el proceso de la propia construcción del objeto de estudio, apoyado en el camino lógico del desarrollo de la teoría, según Álvarez. C. (1992).

Los objetivos generales educativos y desarrolladores de la asignatura se derivan de los objetivos generales educativos y desarrolladores del curso y de la disciplina. De los conocimientos de la ciencia deben formar parte los elementos esenciales de la teoría y que llamaremos invariante de conocimientos.

Por invariante se puede fijar **La Contradicción Dialéctica del Objeto de Estudio (García Blanco, R. 1998),** cuyo desarrollo permite la estructuración del Contenido de la Asignatura, la formalización de la célula y del Enfoque Estructuran Funcional (en el plano de la Didáctica habíamos analizado que la Contradicción Fundamental es la que se establece entre Objetivo y el Método)

1.2.2 – Eslabones del proceso docente-educativo del curso “Tecnologías y Equipos electromecánicos”.

La lógica del proceso docente-educativo se puede caracterizar a través de un análisis mediante una secuencia de fases, etapas o eslabones que precisan su dinámica, su desarrollo. Entendemos por eslabones los distintos momentos en que en el transcurso el estudiante va acercándose al objetivo y que determina un tipo de actividad cognoscitiva.

Los eslabones del proceso docente-educativo Según (Álvarez de Zayas C. 1996) son:

1. **Plantación y organización del proceso:** Se planifican y organizan los métodos, forma de comunicación, control y evaluación.
2. **Comprensión:** Primero se motiva, después se muestra el contenido a los estudiantes. Se realiza mediante la invariante, donde hay que formarlo, inducirlo y después se emplea a través del proceso deductivo y la resolución del problema.
3. **Dominio:** La asimilación es el proceso continuo, primero se ejercita y después se aplica, va de lo reproductivo a lo productivo y culmina este con el dominio, se domina cuando se puede aplicar.
4. **Sistematización:** Se lleva al estudiante al dominio de invariantes a través de tratamientos sistemáticos de la aplicación sistemática del mismo.
5. **Evaluación o Control:** Se da durante todo el proceso. Sus funciones: Comprobar el cumplimiento de los objetivos y retroalimentación.

Descripción del programa de Doctorado en Electromecánica.

El Programa de Doctorado en Electromecánica se presenta como un conjunto de asignaturas y trabajos de investigación dirigidos y tutelados que tienen como finalidad orientar a los cursistas hacia una determinada actividad específica de investigación. Este programa de carácter intensivo, adaptado a las necesidades del profesional de hoy, ofrece una formación de tercer ciclo dirigida a titulados superiores en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electromecánica y especialidades afines y tiene como propósitos:

• Contribuir a la formación y calificación académica y científica de profesionales.
• Formar profesionales calificados capaces de liderar las investigaciones acorde a la filosofía y políticas educativas del país.
• Producir aportes al conocimiento en distintas áreas de la Ingeniería Electromecánica, cuya utilidad sea valorada por la aplicación o la contribución al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en un marco de excelencia académica.

Objetivo general del curso de postgrado:
Preparar al investigador con herramientas y métodos de investigación más avanzados en la esfera de la Electromecánica que le permita crear y perfeccionar tecnologías y productos con un elevado nivel científico-técnico, acorde a los principios del desarrollo sostenible y las tendencias nacionales e internacionales del sector.

Objetivos específicos del curso de postgrado:
• Formar investigadores para el trabajo en colectivos multidisciplinarios de investigación en la solución de problemas electromecánicos, a partir de la interacción de tutores y aspirantes.
• Lograr una mejor formación teórico-metodológica de los aspirantes a través de la discusión científica de los resultados investigativos, el trabajo en redes y la evaluación sistemática.
• Desarrollar la colaboración internacional con otras instituciones para la formación doctoral en el área electromecánica.
• Desarrollar capacidades en el aspirante relacionadas con la selección de los métodos de investigación, análisis de resultados y la discusión científica.

La estructura del plan de estudio del proceso docente del programa de maestría en electromecánica donde se puede apreciar el lugar que ocupa el curso Tecnologías y Equipos Electromecánicos, el cual se encuentra dentro del MÓDULO II. Cursos obligatorios del perfil multiprofesional.

N^0	CURSOS	Créditos
MÓDULO I. Cursos obligatorios del perfil Científico - Metodológico		
1	Metodología de la Investigación Científica	3
2	Matemática Computacional	4
3	Modelación y Simulación	3
4	Economía Empresarial y Dirección Integrada de Proyectos	3
	SUBTOTAL (I)	**13**
MÓDULO II. Cursos obligatorios del perfil Multiprofesional		
5	Conversión y Conservación Energética	3
6	Máquinas y Accionamientos Electromecánicos	3
7	**Tecnologías y Equipos Electromecánicos**	3
8	Mediciones Electromecánicas	3
	SUBTOTAL (II)	**12**
	SUBTOTAL (I + II)	**25**
MÓDULO III. Cursos electivos del perfil terminal de Eficiencia Energética		
9	Análisis Avanzados de Sistemas Térmicos	3
10	Eficiencia en los Sistemas de Transporte de Fluidos	3
11	Análisis Avanzado de Sistemas Eléctricos de Potencia	3
12	Electrónica Industrial	4
13	Explotación Técnica y Mantenimiento Electromecánico	3
14	Sostenibilidad Energética	3

MÓDULO III. Cursos electivos del perfil terminal Manufactura y Mecatrónica		
15	Diseño Electromecánico	3
16	Sistemas Mecatrónicos	3
17	Ingeniería de Materiales y Procesos	3
18	Diseño y Fabricación Asistido por Computador	3
19	Procesos Avanzados de Manufactura	3
20	Control Moderno	3
SUBTOTAL (III)		**9**
TOTAL (I + II + III)		**34**
MÓDULO IV. Formación Investigativa y Elaboración de Tesis		
1	Seminarios de Investigación I (a los 6 meses del inicio) (evalúa los fundamentos Metodológicos de la Investigación)	3
2	Seminarios de Investigación II (a los 14 meses del inicio) (evalúa los dos primeros capítulos de la Tesis)	3
3	Taller de Tesis (a los 18 meses del inicio) (evalúa la presentación y debate de la Tesis)	4
4	Participación en Evento Científico (como autor) o Publicación de un Artículo (a partir de 18 meses del inicio)	3
5	Defensa de la Tesis	30
SUBTOTAL (IV)		**43**
TOTAL (I + II + III + IV)		**77**
MÓDULO V (LIBRE)		
1	Impartición de una asignatura (sin pago)	3

2	Preparación Metodológica de una asignatura (sin pago)	3
3	Premio en Evento Nacional	3
4	Registro de un Producto Informático	3
5	Registro de una Patente de Invención	3
SUBTOTAL (V)		**15**
TOTAL (I + II + III + IV + V)		**92**

2.2.3 - Caracterización teórica del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”.

El curso Tecnologías y Equipos Electromecánicos tiene como objetivos:

Objetivos del curso:

• Explotación de sistemas electromecánicos en procesos industriales

• Análisis de fallas, diagnóstico y selección del equipamiento en instalaciones de procesos industriales.

• Seleccionar metodología para perfeccionar instalaciones de procesos e incremento de la productividad en sistemas de producción.

Principales contenidos del curso

Métodos para la evaluación y selección de equipos de flujos. Equipamiento electromecánico en la industria. Sistemas de limpieza de gases. Sistemas avanzados para el tratamiento de materiales sólidos y líquidos.

Recomendaciones metodológicas para el desarrollo del curso

• El curso se desarrolla en Conferencias, Clases Prácticas y Sesiones de Aclaración de Dudas con Evaluación.

• Todas las clases se exponen por medio de presentaciones de PowerPoint, para las que se necesita de una computadora con salida por televisor o proyector, y un aula adecuada para ello.

Evaluación del curso

Tarea discutida al final del curso que es entregada a los estudiantes al principio de la asignatura y es desarrollada por ellos durante todo el curso.

2.2.4 – Fundamentación teórica del diseño curricular del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”.

Antes de realizar un estudio curricular es preciso definir el término ***currículo***, la relación entre el diseño curricular con la sociedad valorando dentro de esta las tendencias en la enseñanza de la ingeniería más generales en el mundo y en nuestro país.
El término ***curriculum*** palabra latina que significa movimiento progresivo o carrera, fue adoptado por la teoría educativa desde el siglo XVI.

La respuesta a los retos que plantea el desarrollo científico contemporáneo y la urgencia de los países de América Latina por superar la situación de dependencia y atraso actual en diversas esferas, supone la necesidad de realizar enormes esfuerzos en el currículum de estudios en el marco de la superación del pregrado.

En estas circunstancias la formación de la fuerza altamente calificada, en correspondencia con las exigencias actuales y perspectivas, no puede dejarse a la acción y decisión individual de los protagonistas principales que participan en este proceso. Cada vez con mayor urgencia se requiere la acción planificada y coordinada que asegure un engranaje adecuado entre las exigencias de desarrollo económico - social y las posibilidades del nivel de postgrado.

Se requiere organizar el currículum de los cursos desde nuevas perspectivas que aseguren la inserción de profesionales activos, creadores y críticos de su realidad, con actitudes de búsqueda permanente de superación y de actuación responsable de la

sociedad, tal como lo demanda la tendencia hacia una educación permanente que ya se vislumbra en el mundo de hoy.

En lo que respecta a la forma de concebir el proceso de enseñanza–aprendizaje, es conveniente orientar estrategias formativas que den espacios a la capacidad de iniciativa individual y colectiva del sujeto que aprende, promoviendo a su vez, la conservación de los recursos disponibles, y sobre todo el aprendizaje permanente.

El diseño curricular se concreta en tres momentos fundamentales entre los cuales deben producirse una relación lógica y coherente, de modo que se produzca la armonía necesaria, que permita lograr que las situaciones de aprendizaje que se le presentan al estudiante de postgrado en cada conferencia contribuyan a su fortalecimiento como profesional: El perfil profesional, el plan de estudio y los programas.

Niveles fundamentales del diseño curricular:

1. El primer nivel parte del marco legal básico institucional, y establece la enseñaza de carácter prescriptivo para todo el Estado, establece el marco común, normativo, abierto, flexible para su posterior contextualización y desarrollo en cada centro. (Plan de Estudio).
2. El segundo nivel está relacionado con los cursos curriculares que los equipos de profesores desarrollan en cada centro a partir del plan de estudio así como los medios para alcanzarlos (Programa de Estudio).
3. Y finalmente, una vez establecido el programa en el marco de los acuerdos y decisiones tomadas por el conjunto de profesores, se llega a este nivel de concreción, que constituye la programación para el aula. En esta parte los profesores harán todo lo posible para que lo que esté institucionalizado, revisado y adaptado llegue a los alumnos independientemente de las características personales, sociales, etc.

Al hacer una valoración de la lógica de actuación y la dinámica que le imprime el diseño curricular al docente se aprecia que:

Es necesario que este tenga un dominio pleno del contenido de la disciplina o asignatura que imparte, su epistemología, historia y didáctica particular, para poder analizar diferentes representaciones del objeto de estudio, establecer nexos entre los conceptos, relaciones y procedimientos; buscar problemas y situaciones problémicas que respondan a las necesidades y motivaciones de los estudiantes; poder establecer la estructuración didáctica acorde con los niveles de profundidad y de asimilación que se requiera.

El autor Mario de Miguel Díaz (1996), en una aproximación al concepto de desarrollo profesional y a partir de analizar varias propuestas, define el mismo como: "Un proceso de formación continua a lo largo de toda la vida profesional que produce un cambio y/o mejora en la conducta de los docentes, en las formas de pensar, valorar y actuar sobre la enseñanza"; al respecto se comparte la idea esencial pero se entiende que al final se restringe a la enseñanza cuando en realidad debería ser sobre la dirección del proceso pedagógico de manera integral con mayor énfasis en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este mismo autor propone algunos aspectos que destaca como principales para el desarrollo profesional, los cuales compartimos, relacionándose a continuación:

- Desarrollo Pedagógico: donde valora como función profesional fundamental la actuación del docente para conceptuar, comprender y proceder en la práctica educativa, profesionalismo que se evidencia cuando, en la institución o aula, decide reflexivamente en los procesos más adecuados a seguir, cuando prevé, actúa y valora su trabajo sistemáticamente.
- Desarrollo Psicológico: valora la madurez personal, dominio de habilidades y estrategias para la comunicación en el aula, y en la comunidad.
- Desarrollo Cooperativo: valora las habilidades de cooperación y diálogo con sus colegas, el establecimiento de estrategias hacia la negociación y la resolución de problemas y sobre todo en la creación de redes de comunicación y apoyo para comprender los fenómenos educativos y de la actividad práctica. Este aspecto, en nuestras condiciones se ve en el desarrollo de los debates profesionales que deben realizarse, como parte del trabajo metodológico en los diferentes niveles organizativos establecidos en las distintas enseñanzas.

- Desarrollo en la Carrera: valora la satisfacción en su trabajo y la posibilidad de progresar dentro del sistema; los cuales ve interrelacionados pero movidos por dos elementos claves como son la motivación y la constante retroalimentación. El desarrollo en la carrera ha de verse en la carrera profesional como pedagogo; la motivación, en el grado de afectividad por la profesión y la intención marcada en su proyección futura, y la constante retroalimentación en la investigación e indagación de su práctica, en la búsqueda permanente de métodos que lo hagan crecer como profesional y como ser humano.

Además de permitir abarcar situaciones de comunicación como son la delimitación del significado, la forma de transmitir el conocimiento, cómo se estructura y se reelabora, el empleo del conocimiento en diferentes situaciones y la sistematización que este exige.

Se requiere contar con una cultura general que permita poder establecer las relaciones interdisciplinarias, darle salida, a partir de las potencialidades del contenido de la ciencia que se imparte, a los contenidos principales o ejes transversales que constituyen exigencias de los currículos actuales, nos referimos a la educación jurídica, laboral y económica, para la salud sexual, estética, ambiental y en particular la educación patriótico, militar e internacionalista.

Desde luego, esta cultura general exige hacer uso de las nuevas técnicas de computación, apreciar la belleza y el buen gusto de las diferentes manifestaciones artísticas y poder transmitirla a sus alumnos.

Se dominen los principios pedagógicos, psicológicos, filosóficos y sociológicos y sea capaz de buscar en estas fuentes qué aspectos se ponen de manifiesto en el proceso de enseñanza–aprendizaje y su influencia para abordarlos de manera adecuada según el contexto. El diseño curricular tiene sus bases en estas disciplinas que en el accionar profesional se ven interrelacionadas.

El curriculum del curso Tecnología y Equipos Electromecánicos, al igual que las restantes tecnológicas, están transformándose atendiendo al desarrollo de la ciencia y la técnica; así como a las exigentes necesidades sociales que se presentaron en las postrimerías del siglo XX y el inicio del siglo XXI. Las tendencias de la enseñanza de postgrado en el mundo y en nuestro país, coinciden en que los planes y programas de estudio como núcleo central del currículo contengan una mayor integración del

contenido, con alto nivel científico en los fundamentos básicos, tanto en las ciencias básicas como en las ciencias de las ingenierías, que reflejan una mayor solución de problemas profesionales durante el postgrado, donde la integración docencia-producción-investigación sigue siendo un pilar fundamental en la elaboración del currículo.

2.2.5 – Fundamentos psicopedagógicos que sustentan la investigación del programa de postgrado en el curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” en Electromecánica.

Los criterios básicos de toda investigación pedagógica cubana deben apoyarse en los brillantes aportes y ricas concepciones que a esta rama de la ciencia han legados nuestros más ilustres pedagogos desde Varela a Martí y de este a nuestros contemporáneos, consiste en educar en la vida social, por vida y para la vida.
En este sentido hay que destacar que el problema fundamental del proceso docente-educativo consiste en desarrollar los vínculos que cotidianamente se establecen entre la escuela y la comunidad, que implica como corolario que los rasgos más estables de la personalidad del educando: sentimientos, valores, se forman si se llevan a cabo en el contexto de trabajo.
Esta esencia que recorre el ideario pedagógico martiano se concreta en dos **ideas básicas o rectoras:**

- Aprender a trabajar durante su permanencia en la escuela.
- Utilizar el método de la ciencia como método fundamental de enseñanza y aprendizaje, y de trabajo.
- Se educa para el trabajo por el trabajo y para el trabajo.

Una escuela por excelencia es aquella que ofrece calidad en todos y cada uno de sus productos y servicios, en primer lugar en los estudiantes, así como en la sociedad que lo concibió y creó para satisfacer las necesidades de preparación de las nuevas generaciones.

La preparación de los ciudadanos de un país para su adecuado desempeño es una de las necesidades importantes a satisfacer en cualquier sociedad que lo convierte en su problema fundamental.

Para que un individuo se considere preparado es necesario que se haya apropiado de una parte de la cultura que lo ha precedido y consecuentemente conozca una profesión, que sea instruido. La instrucción es el proceso y resultado cuya función es formar a los hombres a una rama del saber humano, de una profesión de “dar carrera para vivir”. Requiere además, y como resultado de esa misma apropiación, que desarrolle todas sus facultades y potencialidades funcionales, tanto espirituales como físicas, de “templar espíritu y cuerpo”.

La sociedad en su devenir histórico ha acumulado valores morales, religiosos, políticos y jurídicos entre otros, que forman parte de los elementos apreciados de su cultura. El ciudadano, el joven, tiene que apropiarse de esos valores como parte de su preparación y, de lograrse esto, se considera educado.

Un proceso totalizador cuyo objeto es preparar al hombre como ser social, que denominamos formación, y que agrupa a una unidad dialéctica los procesos educativos, desarrolladores e instructivos. El proceso formativo que se desarrolla de un modo sistémico lo estudia la teoría de Didáctica.

La didáctica es la ciencia que estudia como objeto de estudio el proceso docente-educativo a resolver la problemática que se le plantea a la escuela: La preparación del hombre para la vida pero de modo sistémico y eficiente. La didáctica es parte de la pedagogía.

Los componentes del proceso docente-educativo son:

1- Problema

El problema es el componente de estado que posee el proceso docente-educativo como resultado de la configuración que adopta el mismo sobre la base de la relación proceso-contexto social y que se manifiesta en el estado inicial del objeto que se selecciona, como proceso que no satisface la necesidad de dicho contexto social. En su desarrollo se transforma y alcanza el objetivo, lo que implica la solución de dicho problema.

2- Objetivo

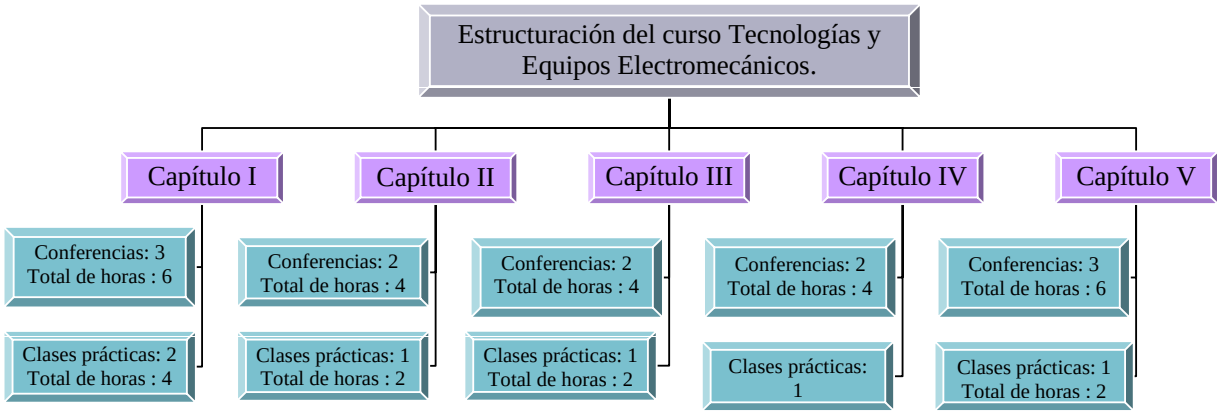
El objetivo es el componente de estado que posee el proceso docente-educativo como resultado de la configuración que adopta el mismo sobre la base de la relación proceso-contexto social y que se manifiesta en la presión del estado deseado o aspirado que se debe alcanzar en el desarrollo de dicho proceso para resolver el problema, donde este responde a la pregunta ¿para qué enseñar? Contiene una habilidad generalizadora esencial e integradora y presupone un sistema de conocimientos. En esencia recoge la capacidad que debe tener el futuro egresado de enfrentarse de enfrentarse a los problemas de sus objetos de trabajo, resolviéndose creadoramente y con ello enriquecer dicho objeto.

2.2.6 – Estructura del proceso docente-educativo del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”.

El curso Tecnología y Equipos Electromecánicos actualmente no tiene implementado el TIC, a partir del curso 2007 tendrá una situación nueva, porque todas sus actividades docentes se encuentran en soporte magnético.

Cada tema tiene elaborado: ejemplos resueltos y materiales complementarios, donde el cursista posee material suficiente para la autopreparación, con amplios contenidos obtenidos de Internet.

La asignatura estará estructurada del modo que se muestra:



2.2.7 - Conclusiones del capítulo

El proceso de enseñanza y aprendizaje en el curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” tiene la función de llevar sus métodos de análisis al proceso de enseñanza con vista a lograr en los cursistas altos niveles de conocimiento, para poder resolver los problemas presentes y futuros de la sociedad.

La asimilaron consciente del desarrollo científico técnico ha permitido que la dirección del país asuma como tarea primordial que en todas los centros de enseñanza superiores se tengan en cuenta los principales problemas que enfrenta la sociedad y que los mismos formen parte de los objetivos generales de la enseñanza.

La elaboración metodológica de los planes de estudio de los programas de Maestría y Doctorado en electromecánica no ha estado ajeno a esta cuestión y esencialmente el curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” ha tenido en cuenta los problemas profesionales que tendrá que resolver el profesional.

CAPITULO II. Propuesta de la estructuración metodológica del proceso docente educativo del curso de postgrado Tecnologías y equipos electromecánicos, modalidad semipresencial.

2 - Introducción

Los cambios tecnológicos y sociales ocurridos en las últimas décadas tienen su incidencia en los escenarios formativos y exigen la capacitación psicopedagógica del personal docente, de manera que puedan asumir eficientemente la dirección y organización del proceso docente-educativo, buscando el logro de un egresado de los cursos de postgrado cada vez más competente, que sea capaz de incorporar en su acervo científico las tecnologías de la información y la comunicación.

La misión del docente se verá sustituida por una gestión pedagógica que capacite a los individuos para incorporarse a una sociedad cada vez más globalizada y tecnificada, caracterizada por la utilización de códigos de información digitales frente a los códigos de información analógicos propios de la sociedad industrial, lo que significa que ya no se trata de adquirir habilidades y capacidades ni de aprender nuevos contenidos sino de aprender a aprender. Esto implica importantes transformaciones en el contenido de la enseñanza encaminadas hacia la resolución de problemas prácticos a través de la relación, abstracción y la utilización de un método de aprendizaje más comprensivo.

Lo que ha de diferenciar al profesional de la enseñanza, de otros profesionales, no es sólo su conocimiento psicopedagógico sino también su capacidad de profundizar, reflexionar y reconducir sus actuaciones educativas.

El profesor de estos tiempos debe convertirse en elemento aglutinador y analizador de todas las fuentes de información, incluyéndose él mismo como informador. La tarea del profesor está dirigida a que los alumnos aprendan por ellos mismos, para ello realizarán numerosos trabajos prácticos de exploración. Aparece así la figura del profesor como facilitador.

En la educación superior cubana, la semipresencialidad es la modalidad pedagógica que posibilita el amplio acceso y la continuidad de estudios de todos los ciudadanos, a través de un proceso de formación integral, enfatizando más en los aspectos que el estudiante debe asumir por si mismo; flexible y estructurado; en el que se combina el empleo intensivo de los medios de enseñanza con las ayudas pedagógicas que brindan los profesores; adaptable en intensidad a los requerimientos de éstos y a los recursos tecnológicos disponibles para llevarla a cabo.

Es objetivo de este capítulo es analizar la modalidad semipresencial en los que se sustenta la aplicación e implementación de la elaboración de los planes de estudio asumido desde esa perspectiva, y de conjunto con ello se trabaja en los aspectos conceptuales y de procedimiento que permitan materializar plenamente esa idea en el menor plazo posible.

2.1 - Características de la modalidad semipresencial implementada en el curso de postgrado "Tecnologías y Equipos Electromecánicos.

Con el triunfo de la Revolución en el año 1959, la universidad cubana abandona su carácter elitista, se pone al servicio de la sociedad e inicia un proceso de profundas y continuas transformaciones dirigidas a ampliar el acceso a la misma de los diferentes sectores de la población: se establece la educación gratuita, se crea el plan de becas universitarias, se multiplican las universidades, se abren nuevas carreras, se incrementan significativamente las matriculas, surgen las unidades docentes, se estructura un sistema de estudios de postgrado y se diversifican los tipos de curso para posibilitar los estudios de nivel superior a los trabajadores, entre ellos los cursos vespertinos nocturnos, los cursos por encuentros y la educación a distancia.

La creación de las sedes universitarias municipales dio una nueva dimensión a la universidad cubana en dicho proceso de transformaciones, posibilitando la ampliación de acceso y el estudio permanente a lo largo de toda la vida. Se conformó para ello un *nuevo modelo pedagógico,* que se ha venido aplicando en todas las sedes universitarias desde hace varios cursos, con un apreciable incremento de la matricula en cada año, que hoy constituye la principal fuente de acceso a la educación

superior. Ese nuevo modelo pedagógico antes mencionado ha sido objeto de perfeccionamiento continuo en todos estos años, incorporándose al trabajo metodológico que han desarrollado las facultades y departamentos docentes implicados en esta labor. Desde el MES, por su parte, se ha identificado esa como una de las prioridades del trabajo metodológico en estos últimos cursos. Las visitas e inspecciones realizadas a los CES evidencian avances en esta dirección y un proceso gradual de apropiación por los docentes de sus principales aspectos. Las encuestas aplicadas a estudiantes de las SUM en estos años así lo demuestran.

No obstante, todavía no se logra su aplicación con la profundidad, alcance y calidad que este modelo demanda, fundamentalmente debido a las propias limitaciones nuestras relacionadas con una visión del proceso de formación muy centrado en las concepciones y los métodos que se emplean en los cursos diurnos y que impide que las requeridas transformaciones se produzcan al ritmo que se demanda; cuestión esta que hoy se manifiesta en diferentes grados en un número considerable de sedes. La propia formación de los docentes en modelos más presenciales, e incluso la de los estudiantes, que demandan una formación de ese tipo, contribuyen a reforzar esa dificultad antes explicada.

Por otra parte, la aplicación de ese modelo ha venido revelando que algunas de sus cualidades esenciales son similares a las de otros tipos de curso vigentes en los centros del MES, tales como los Cursos para Trabajadores (tanto Vespertino-Nocturnos como Por Encuentros) y la Educación a Distancia, esta última con el enfoque que se viene aplicando para el nuevo ingreso desde el curso 2005-2006 y ya generalizado a todo el país en el 2006-2007. En particular es importante comprender que, en todos ellos, el nivel de presencialidad que los caracteriza es menor que el de los cursos diurnos. Esa realidad nos conduce a trabajar para lograr abordar el problema desde un enfoque más esencial de esta situación, que permita establecer, en la educación superior cubana,

solo dos modalidades de estudio diferentes: la *presencial,* que se aplica en los Cursos Regulares Diurnos, propia para estudiantes que dedican todo su tiempo al estudio; y la *semipresencial,* para el resto de los tipos de curso, en la que por lo general los

estudiantes comparten el estudio con otras ocupaciones y que hoy representa cerca del 80 % de los de 620 000 estudiantes que alcanza la matricula total.

El perfeccionamiento de los planes de estudio que hoy se desarrolla se ha asumido desde esa perspectiva, y de conjunto con ello se trabaja en los aspectos conceptuales y de procedimiento que permitan materializar plenamente esa idea en el menor plazo posible.

El perfeccionamiento de la modalidad semipresencial debe transitar hacia una formación que enfatice más en los aspectos del proceso docente-educativo que el estudiante debe asumir por si mismo; con un amplio y progresivo empleo de los medios de enseñanza y de las modernas tecnologías educativas adecuados a este tipo de enseñanza; optimizando las ayudas pedagógicas que brindan los profesores en los diferentes roles que desempeñan ; aprovechando al máximo su flexibilidad, y estructuración, así como los diferentes escenarios educativos que esa modalidad posibilita; incrementando su impacto social.

Lo anterior supone comprender la necesidad de lograr, en la realidad, que el trabajo metodológico, en cada nivel organizativo y de dirección aborde estos aspectos con la prioridad requerida, perfeccionando sus mecanismos de gestión bajo la concepción de trabajo colaborativo en red de todas las instituciones del sistema que intervienen en el proceso.

El principio rector que presidirá dicho perfeccionamiento será avanzar aceleradamente hacia la excelencia académica y revolucionaria de la educación superior en condiciones de pleno acceso, lo que supone un proceso de formación en el que no tenga cabida ni el desaliento, ni el fracaso; aplicable en cualquier territorio, acercando la docencia a los lugares de residencia y trabajo de los estudiantes y garantizando reales posibilidades para el estudio permanente a lo largo de toda la vida.

En la educación superior en la época actual, al margen de las posibles particularidades que puedan existir en diferentes países, se acostumbra a distinguir, básicamente, entre dos modalidades de estudio; diferentes por el modo de asumir la relación estudiante-profesor: *"presencial"* y *"a distancia".*

Los estudios denominados a distancia son aquellos en los cuales es poca o nula la frecuencia con que se encuentran estudiantes y profesores para desarrollar el proceso de formación, como consecuencia de lo cual predomina la actividad independiente del estudiante como método fundamental para su formación.

Aquí, sin obviar la posibilidad de algún tipo de encuentro presencial, la relación estudiante-profesor se establece fundamentalmente a través del empleo de medios de enseñanza; posibilitándose la comunicación entre ambos sin necesidad de coincidir en un mismo lugar y al mismo tiempo. Se comprende con facilidad el amplio menú de posibilidades brindado por las TIC para desarrollar el proceso de formación.

Basado en estas tecnologías han surgido, incluso, universidades en las cuales no existen encuentros presenciales de ningún tipo, y todo el proceso de relaciones entre los estudiantes y los profesores tiene lugar a través de la Web.

La idea de la semipresencialidad surge asociada a estas dos posiciones, combinando los encuentros presenciales con aquellos que se realizan a través de los medios; y donde la independencia cognoscitiva y la auto preparación del estudiante, adquieren una especial relevancia.

De tal modo, la concepción de semipresencialidad que se presenta supone la articulación de ayudas pedagógicas de ambos tipos, tanto presenciales como *mediadas* por los recursos tecnológicos, en una estrategia educativa integrada que puede adecuarse a las reales posibilidades de la población destinataria de la formación, propiciando un enfoque más individualizado de esa relación, a partir de las necesidades educativas individuales de cada estudiante.

En la educación superior cubana, la semipresencialidad es la modalidad pedagógica que posibilita el amplio acceso y la continuidad de estudios de todos los ciudadanos, a través de un proceso de formación integral, enfatizando más en los aspectos que el estudiante debe asumir por si mismo; flexible y estructurado; en el que se combina el empleo intensivo de los medios de enseñanza con las ayudas pedagógicas que brindan los profesores; adaptable en intensidad a los requerimientos de éstos y a los recursos tecnológicos disponibles para llevarla a cabo.

Los estudios semipresenciales son propios de estudiantes que no disponen de todo su tiempo para los estudios, por razones laborales o similares. Por sus características, permiten enfrentar mayores niveles de acceso y demandas de poblaciones estudiantiles geográficamente distantes de las sedes centrales, llevando los estudios universitarios allí donde ellos residen o laboran, con lo cual se abren nuevas posibilidades para todos los que aspiran a cursar estudios universitarios.

2.2- Aspectos Específicos de la modalidad semipresencial en el curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos".

- ***Formación integral, con mayor énfasis en la actividad independiente del estudiante,*** *para que éste sea capaz de asumir de modo activo su propio proceso de formación integral.*

El objetivo fundamental del proceso de formación en la educación superior cubana es la formación integral de los estudiantes, lo que supone:

- Elevada competencia profesional
- Amplia cultura social-humanística
- Profundo desarrollo político –ideológico
- Defender la Revolución en el campo de las ideas y
- Servir a la Revolución en el lugar donde sea más necesario

Lo anterior se concreta, en la educación superior cubana en el dominio de los modos de actuación de la profesión que le permitan aplicar en su actividad laboral, con independencia, creatividad y ética revolucionaria, los contenidos asimilados durante la carrera, y ponerlos plenamente al servicio de la sociedad.

Una cualidad muy importante para lograr ese propósito es el desarrollo de la independencia cognoscitiva del estudiante. Sin dejar de reconocer que en ambas modalidades de estudio se requiere de dicha cualidad, en la semipresencial hay que lograrla en un grado mayor y en menos plazo de tiempo, toda vez que, al ser menos

frecuentes las actividades presenciales, el estudiante tiene menos posibilidades de ser conducido por los profesores hacia los objetivos propuestos.

La independencia cognoscitiva del estudiante se manifiesta en su capacidad de representarse la tarea cognoscitiva; en el establecimiento de un plan que permita su solución; en la selección de los métodos para su solución; en la búsqueda creadora de la solución y en la forma en que verifica la validez de los resultados obtenidos.

El concepto que estructura la independencia cognoscitiva del estudiante en la educación superior cubana es el de *trabajo independiente.* Se entiende como tal a un sistema de organización de las condiciones pedagógicas, que garantiza la dirección del aprendizaje de los alumnos, individualmente o en colectivo, tanto por tareas asignadas como por deseo propio, sin la participación ni ayuda directa del profesor.

La educación superior debe lograr desarrollar en el estudiante la capacidad de aprender, es decir, la tarea de la universidad no consiste en dar una gran cantidad de conocimientos sino enseñar al alumno a pensar, a orientarse independientemente. Para ello es necesario organizar una enseñanza que impulse el desarrollo de esta capacidad, que el estudiante de sujeto pasivo se convierta en el centro del proceso de aprendizaje.

Aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar en la forma en que se aprende y actuar en consecuencia, autorregulando el propio proceso de aprendizaje a mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se transfieren y adaptan a nuevas situaciones. El estudiante debe jugar un papel más protagónico, debe aprender básicamente mediante el auto-estudio y la realización de forma independiente de las actividades, apoyado por los medios de enseñanza y por las ayudas pedagógicas que le brindan sus profesores.

Resulta vital para nuestra organización que todos interioricemos estos conceptos, toda vez que esta claro que, en la actualidad, no es posible aprender toda la información que se dispone y la memorización no es la estrategia principal de la formación. Otras habilidades resultan cruciales: capacidad para buscar información, para enjuiciarla críticamente, para aplicarla en la solución de problemas, entre otras posibles.

En correspondencia con ello, este enfoque del aprendizaje tiene que reflejarse en los diferentes componentes del proceso docente-educativo: en el diseño de los planes y programas de estudio, en la actuación de los estudiantes, en los medios de enseñanza, en las ayudas pedagógicas de los profesores, en las actividades presenciales, en la utilización de los diferentes escenarios educativos y en general en todos los elementos que intervienen en dicho proceso.

- ***Flexibilidad**, para facilitar el amplio acceso y adaptarse a diversas situaciones laborales, a las particularidades territoriales y al ritmo individual de aprovechamiento académico del estudiante, de acuerdo al tipo de curso que se trate.*

Implica flexibilidad en el curriculum, en el ritmo de aprendizaje, en las ayudas pedagógicas que reciba el estudiante, en los sistemas de evaluación, y en todos aquellos aspectos relacionados con la capacidad de adaptación del proceso de formación a la realidad personal, profesional y familiar del estudiante, a sus motivaciones, a sus expectativas, así como las características del tipo de curso matriculado y las condiciones en que este se desarrolla.

En particular la flexibilidad tiene que estar asociada a las características e intereses de los territorios, lo que permite personalizar, desde el mismo modelo del profesional, un proceso de formación que responda más plenamente a las exigencias locales.

Un rasgo importante de esa flexibilidad esta dado en que cada estudiante progrese a su propio ritmo. Asociado a esta idea hay un concepto propio de este enfoque del proceso de formación, que es el de *matrícula responsable.* Expresa la idea de que el estudiante, adecuadamente asesorado por su tutor, sea capaz de identificar con claridad cuáles y cuántas asignaturas puede vencer en cada periodo lectivo, en dependencia de sus reales posibilidades y matricule solo estas.

- ***Estructuración** para favorecer la organización y desarrollo del aprendizaje y propiciar que no se produzcan bajas por razones académicas.*

Ello supone la existencia de una organización de las asignaturas por periodos lectivos, que permita orientar a los estudiantes sobre cómo puede tener lugar el tránsito por su

plan de estudio. Ese ordenamiento, por año y período, esta concebido en un plazo de tiempo con el cual podrían culminar sus estudios los estudiantes que avancen al ritmo normal previsto para esa carrera y debe favorecer la organización de los calendarios docentes del curso.

En la concepción desarrollada por el MES para estos estudios, en la cual cada estudiante decide su propio ritmo de aprendizaje, dicha estructuración constituye solo una guía para el estudiante y su tutor a la hora de seleccionar las asignaturas a matricular, Normalmente los planes de las carreras del MES se estructuran en semestres de cuatro asignaturas cada uno. Ese sería el ritmo normal de progreso, con lo cual un estudiante aprobaría al año ocho asignaturas y se graduaría en 6 años, incluido el ejercicio final de culminación de estudios. Por esta organización, en el primer semestre de cualquier curso académico, se deben estar impartiendo el 50 % de las asignaturas de cada plan, e igual en el segundo semestre. De ese modo, el estudiante tiene a mano un amplio menú de posibilidades, en los casos en que decida acelerar su ritmo de progreso y matricular más asignaturas, con el objetivo de culminar en menos tiempo sus estudios.

Tiene que estar claro que no existen metas de ningún tipo al respecto y que el concepto de matricula responsable no es compatible con la intención de forzar el paso de un estudiante que realmente no tiene condiciones para avanzar a un determinado ritmo y debe progresar más lentamente. Lo verdaderamente importante es que progrese; que no cause baja; que trabaje durante todo el semestre por aprobar todas las asignaturas que matriculó (no importa que sea una, o dos) y que al final, si lo logra, se sienta estimulado con el reconocimiento de sus profesores y su tutor por el esfuerzo realizado.

La estructuración como característica de la modalidad semipresencial esta dada además hacia lo interno de las asignaturas, *debiéndose lograr un ordenamiento de los contenidos que favorezcan el aprendizaje, siguiendo una lógica de integración temática.*

- ***Con ayudas pedagógicas presenciales*** *que posibiliten, en función del tiempo y los recursos disponibles, que los profesores guíen, apoyen y acompañen al estudiante en su aprendizaje.*

Se concibe en esta modalidad un sistema de actividades presenciales de diferentes tipos que aseguren el adecuado acompañamiento y apoyo, de modo que no tengan cabida ni el fracaso ni el desaliento.

Es importante comprender aquí que las actividades presenciales en esta modalidad no se diferencian solo en cantidad de las que se imparten en los cursos regulares diurnos. Cualitativamente existen diferencias importantes en su concepción y desarrollo, toda vez que el proceso de formación se centra en el aprendizaje del estudiante y por otra parte el profesor que desarrolla los encuentros no dispone del tiempo suficiente para realizar todas las actividades docentes que se imparten en la modalidad presencial.

Se reconocen coma ayudas pedagógicas fundamentales las siguientes:

- ***La clase encuentro***, tiene como objetivos instructivos aclarar las dudas correspondientes a los contenidos y actividades previamente estudiados por la alumnos, debatir y ejercitar dichos contenidos y evaluar su cumplimiento. Igualmente, durante la clase deben explicarse los aspectos esenciales del nuevo contenido y orientar con claridad y precisión el trabajo independiente que el estudiante debe realizar para alcanzar un adecuado dominio de los mismos. De ahí la importancia de que cada una de las actividades presenciales que se desarrollan en esta modalidad se haga con la calidad requerida, en correspondencia con sus objetivos específicos y sin tratar de trasladar experiencias o estilos de aprendizaje que se corresponden con otros modelos de formación. *La misión instructiva mas importante que tiene el profesor en los encuentros es desarrollar en ellos la independencia cognoscitiva, para que sean capaces de aprender por si mismo*

- ***La consulta****,* mediante la cual el estudiante recibe orientaciones para ayudarle a aclarar las dudas individuales y comprender mejor los contenidos estudiados. De la calidad del dialogo que se establezca entre el profesor y el estudiante dependerá que se logre el objetivo de aprendizaje. Las consultas pueden desarrollarse en forma individual y colectiva; de forma presencial o por vías no presenciales. Para las consultas no presenciales el correo electrónico y el

teléfono, constituyen en la actualidad las vías de comunicación más asequibles. La frecuencia de la consulta depende de las necesidades de los estudiantes y éstos deberán insistir replanteando sus dudas las veces que sean necesarias, hasta quedar satisfechos con la respuesta.

- ***La tutoría,*** se concibe como un proceso de transformación y desarrollo educativo centrado en el autoaprendizaje, que se concreta mediante la atención personalizada y sistemática del tutor a un estudiante o a un grupo muy reducido de ellos, para que sean capaces de dominar los recursos de su formación, se apropien de un sistema de conocimientos y valores que determinan la posición vital activa y creativa en su desempeño profesional, personal y social. Integra el sistema de influencias educativas de los distintos ámbitos de la formación del estudiante, promoviendo su crecimiento personal y el desarrollo de su autodeterminación; el tutor acompaña al mismo durante toda la carrera, brindándole el apoyo necesario para la toma de decisiones ante los problemas, desde una acción personalizada. *Juega un papel clave en la formación íntegra; así como en la retención y la disminución de la matrícula pasiva.*

- ***Amplio y progresivo empleo de los medios de enseñanza y las tecnologías educativas****, que posibiliten el aprendizaje independiente del estudiante y compensen las actividades de las clases de la modalidad presencial, que el profesor no puede realizar en esta por el limitado tiempo de contacto con sus alumnos.*

De conjunto con las ayudas presenciales, esta modalidad requiere de una amplia utilización de diferentes medios de enseñanza que, en calidad de ayudas pedagógicas no presenciales, posibiliten el logro de los objetivos propuestos con el nivel de asimilación requerido.

Los medios de enseñanza, constituyen el sistema de materiales docentes y de recursos tecnológicos destinados a posibilitar la auto preparación de los estudiantes; devienen parte importante del éxito de la enseñanza semipresencial, vistos no como un fin en si mismo, sino como herramientas pedagógicas que facilitan el proceso de enseñanza-

aprendizaje, ya que contribuyen a resolver los problemas que se derivan de la disminución en la presencialidad.

Los medios de enseñanza en la modalidad semipresencial juegan un importante papel en el proceso de aprendizaje y a través de los mismos debe transitar una parte apreciable de la adquisición de contenidos por parte de los estudiantes.

Entre los medios mas utilizados en esta modalidad están:

- ***Medios Impresos**:* Textos básicos, guías de estudio que oriente eficazmente en empleo de los textos básicos; guía del profesor; guía de la carrera, guía de asignatura, guía de video, textos complementarios, otros documentos impresos complementarios, etc.
- ***Medios audiovisuales e informáticos**:* Videos, audio casetes, radio y TV educativa. Software educativo, materiales en formato digital, laboratorios virtuales, multimedia, correo electrónico, Internet, plataformas interactivas, etc.

En la elaboración de los medios de enseñanza participan todos los profesores del sistema, incluidos los profesores de las SUM, los que elaboraran sus propios medios en correspondencia con las particularidades bajo las cuales se desarrolla el proceso de formación en cada Lugar.

Los medios de enseñanza fundamentales se elaboraran centralmente, a nivel nacional, por el personal más calificado, de modo que sirvan de guía a todos los profesores que imparten la asignatura en el país. Esos expertos velarán porque se elaboren con un enfoque en sistema del proceso de formación, donde cada uno de esos recursos pedagógicos se integre coherentemente al logro de los objetivos propuestos. Tal sistema debe combinar adecuadamente los medios que posibilitan la auto preparación de los estudiantes, con los que propician una mejor comunicación en los encuentros con los profesores.

Hay que tener en cuenta que esta modalidad de estudios se soporta en diferentes escenarios de aprendizaje, como se verá posteriormente, por lo que se debe estructurar un sistema de medios que posibilite el aprendizaje en disímiles

condiciones, desde una persona aislada sin recursos tecnológicos hasta la situación más favorable, en la que dispone de todos esos recursos, incluida la conectividad "en línea" con los servidores de la universidad. Este enfoque en ocasiones se ha dado en llamar "todo terreno", término que si bien no resulta muy académico sintetiza muy bien la idea que se quiere lograr.

Los dos medios fundamentales son:

- *Un texto básico*, que brinde respuesta a los requerimientos esenciales de la asignatura. Por sus características, el texto básico debe corresponderse con el papel y el lugar que ella ocupa en el plan de estudios, evitando utilizar como tales, libros que por su extensión o complejidad no se correspondan plenamente con sus objetivos. Teniendo en cuenta su condición de material docente fundamental para el aprendizaje del estudiante, los textos básicos seleccionados para una disciplina deben corresponderse, en un elevado porcentaje, con los contenidos previstos en el programa de la misma.
- Una *guía de estudio* debe estructurarse por *unidades didácticas,* teniendo en cuenta la lógica de la disciplina en cuestión y las peculiaridades didácticas de esta modalidad de estudio, en función de favorecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Estas unidades didácticas constituyen subsistemas de la asignatura que tributan a objetivos parciales y que contribuyen a una mejor organización y desarrollo del proceso de formación.

En relación al texto básico y a la guía de estudio, por el papel que ambos desempeñan en la modalidad semipresencial, resulta necesario hacer algunas consideraciones adicionales, toda vez que ellos constituyen los elementos principales de todo el sistema de medios de enseñaza de cada asignatura. Es, por tanto, una misión permanente de la educación superior, trabajar de modo continuo en su perfeccionamiento.

Toda asignatura que se imparta en esta modalidad, debe tener garantizado su propio libro de texto y su guía de estudio, asegurando que entre ambas exista la correspondencia necesaria para asegurar el desarrollo exitoso del proceso de formación. *Ambos materiales, de conjunto, deben posibilitar que el estudiante pueda vencer,*

al nivel requerido, las asignaturas matriculadas; aun cuando no se disponga de los restantes medios antes mencionados.

Para esta modalidad, en los últimos años, han sido producidos y están en uso, centenares de libros de texto, con el objetivo de asegurar al menos uno para cada asignatura, lo que en buena medida ha sido logrado gracias al esfuerzo que ha venido haciendo el país en este sentido. Unido a ello se han elaborado guías de estudio que tienen como objetivo orientar el aprendizaje en las condiciones de semipresencialidad que el modelo demanda. Sin embargo, ellas no cumplen aun con el objetivo de guiar a cabalidad y posibilitar el aprendizaje de los estudiantes con su libro de texto y por tanto se requiere acometer toda una labor de perfeccionamiento de las mismas.

La guía de estudio, por su parte, debe contener tres aspectos que son esenciales para el adecuado aprendizaje de los estudiantes: *Los objetivos* que se deben alcanzar con el estudio de cada unidad didáctica, redactados en forma clara y precisa; la explicación de aquellos aspectos esenciales del *contenido* que permiten complementar al texto básico, para contribuir a un mejor dominio de esos objetivos y *las actividades o tareas que el estudiante debe cumplir,* relacionadas directamente con los objetivos, y que propicien la participación activa y el trabajo independiente. Unido a ello, las guías deben ser redactadas en un *lenguaje claro, accesible,* que propicie una adecuada comunicación

En la determinación de la guía y el texto básico se deberá tener en cuenta que ambos desempeñan roles diferentes. El texto es más duradero y su reproducción supone la posibilidad de utilizarlo durante determinado número de cursos, antes de sustituirlo por uno más actual. Por su parte, la guía de estudio, aun cuando deben elaborarse centralmente, tienen un carácter más temporal, lo que obliga a un perfeccionamiento mas frecuente. Lo anterior resulta práctico y racional si estas guías no se convierten, por su volumen, en otro libro. Es fundamental aquí preservar el adecuado equilibrio entre ambos materiales didácticos, siempre en correspondencia con las características que cada una de las asignaturas desempeña en el proceso de formación.

Tal como se dijo anteriormente, estos materiales deben ser concebidos centralmente por las comisiones nacionales de carrera, pero ello no excluye que cada universidad,

incluso que cada sede universitaria, complemente dichos materiales con otros elaborados por ellos, tales como guías de estudio más específicas, selecciones de ejercicios para desarrollar determinadas habilidades, orientaciones metodológicas para el trabajo en una asignatura, etc. en correspondencia con las necesidades del proceso de formación. En particular, la elaboración de medios propios por cada profesor, debe ser una tarea que se estimule a todos los niveles por quienes tienen la misión de conducir el proceso de formación.

Partiendo del carácter fundamental, del texto y de guía de estudio, los restantes medios de enseñanza que conforman el sistema deben ser un complemento estrechamente interrelacionado, en función del aprendizaje del estudiante y concebidos teniendo en cuenta los diferentes escenarios educativos posibles. Entre ellos:

- ***Una guía de la carrera****, a* los efectos de racionalizar recursos y garantizar la conveniente uniformidad. Esta guía debe ofrecer al estudiante una visión global de su carrera, precisando las características principales del modelo del profesional y de las disciplinas que conforman el plan de estudios, así como otros aspectos particulares necesarios para una mejor comprensión de la carrera.
- ***La bibliografía complementaria****,* impresa o en soporte magnético a la que el estudiante debe acceder tanto en las bibliotecas y centros de recursos de aprendizaje territoriales como a través de la red de computación. Ella debe constituir una importante herramienta para que los estudiantes aprendan indagando en diferentes fuentes de información .las indicaciones para el uso de la bibliografía complementaria deben estar precisadas en las guías de estudio y complementadas en otros momentos del proceso formativo: encuentros. consultas, etc.

- ***Videos*** que complementen aspectos esenciales del contenido. Deben combinar eficazmente todas las posibilidades que brinda la televisión educativa, tales como las explicaciones del profesor, materiales fílmicos seleccionados con ese fin, láminas, gráficos, simulaciones y otros recursos similares, que se

correspondan con el papel que desempeñan en esa modalidad, evitando reproducir las clases que se ofrecen en la modalidad presencial. Deben tener corta duración, de modo que puedan ser utilizados por los profesores en las actividades presenciales. Otros videos, de mayor duración, deben ser utilizados como materiales de consulta en los centros de recursos de aprendizaje que se deben crear en cada municipio.

- ***La multimedia*** de la asignatura, a la que se pueda acceder tanto desde una plataforma interactiva, como desde un CD, si se dispone de una computadora (aun cuando ella no este conectada a ninguna red).
- ***Otros materiales complementarios,*** fundamentalmente en soporte magnético, que deben ser identificados y contemplados en el sistema de medios según el requerimiento de cada asignatura, entre los cuales pueden estar practicas de laboratorios virtuales, simuladores de procesos, software profesional y educativo, etc.

En el diseño de los medios de enseñaza debe contemplarse que con el conjunto de ellos se pueda conformar la página Web de la asignatura, a la que el estudiante pueda tener acceso a través de un CD y en la medida que avance la interconexión y ancho de banda de la red de computación, desde las plataformas interactivas que cada carrera y centro utiliza. Para lograr este propósito hay que tener en cuenta los requisitos tecnológicos desde el mismo diseño del sistema de medios de la asignatura, así como prever la interactividad en el propio CD.

Lo explicado anteriormente respecto a la importancia de los medios de enseñanza en los estudios semipresenciales, en modo alguno minimiza el rol del profesor. Para la educación superior cubana el profesor es, ante todo, un educador y esa misión debe cumplirla bajo cualquier modalidad de estudio. Los medios de enseñanza son muy importantes en esta modalidad; pero por su cualidad de educador, *el pape/ principal lo sigue desempeñando el profesor;* y de lo que se trata realmente es de encontrar como hacerlo bajo esas nuevas condiciones.

Si la aspiración final es desarrollar una universidad en el municipio, entonces sus actores principales han de ser los propios profesionales de esos territorios,

categorizados como profesores a tiempo parciales y preparados adecuadamente para llevar a cabo esa tarea con independencia y creatividad, en correspondencia con la alta misión de educar que le ha sido asignada.

- ***Desarrollo de adecuados niveles de motivación en los estudiantes***

En una modalidad de estudio en que son menos frecuentes los encuentros presenciales, la motivación de los estudiantes constituye un elemento de primer orden para asegurar que ellos alcancen los niveles de dedicación al estudio que demanda cada una de las asignaturas.

En ello es vital el sistema de influencias educativas que se logra organizar en los diferentes escenarios de formación, para que el estudiante haga suyos los objetivos y se proponga metas concretas para alcanzarlos con el nivel de profundidad que en cada caso se requiere.

Los profesores que imparten las actividades presenciales y los tutores deben prestar especial atención a este importante aspecto, aprovechando todas las potencialidades existentes para desarrollar esta cualidad en los estudiantes.

Detrás de muchos estudiantes que hoy forman parte de la matricula pasiva de nuestras sedes universitarias, se esconde una falta de motivación que les impide alcanzar niveles superiores de dedicación al estudio, en lo cual también los profesores pueden haber tenido una cuota de

responsabilidad, al no haber sabido conducir adecuadamente el proceso de formación hacia esos propósitos. La preparación psicopedagógica de los profesores y tutores en los métodos que propician el desarrollo de una adecuada motivación en sus estudiantes, constituye un importante aspecto de su formación, que debe ser abordado con la prioridad que ello requiere.

Un elemento de primer orden en lograr niveles de motivación adecuados en los estudiantes lo constituye el incremento gradual de formas evaluativas integradoras mediante el cumplimiento de trabajos de curso y de diploma concretos y reales, íntimamente vinculados a las necesidades de cada territorio; y en sentido general, el nexo de cada una de las disciplinas, en la medida de las posibilidades de cada cual, con esas realidades, de modo tal que el estudiante pueda incorporar ese elemento

motivacional a su sistema de intereses, identificándose con los problemas reales que pueden ser abordados y resueltos desde su profesión.

- ***Atención a las necesidades educativas grupales***

En ocasiones los modelos de formación menos presenciales tienden, en su concepción, a centrar exageradamente la atención en el individuo, aislándolo de su colectivo, e impidiendo con ello que los estudiantes desarrollen capacidades relacionadas con la actuación en grupo, cualidad indispensable de todo profesional moderno.

La necesidad de atender con un mayor énfasis la actividad independiente del estudiante, no puede conducir a subvalorar el trabajo educativo que es necesario acometer para garantizar el desarrollo de determinados valores que se forman cuando este se integra plenamente a un colectivo.

Es por ello que la atención a las necesidades educativas individuales y grupales debe abordarse entendiendo ambos aspectos como elementos integrantes de una contradicción profundamente dialéctica, que es necesario resolver, durante el proceso de formación. Ello supone garantizar la independencia y la creatividad necesaria para desarrollarse como profesional y a la vez, que sean portadores de valores que le permitan actuar como un ser social.

Para conducir adecuadamente dicha labor, dadas las características del proceso de formación, hay que identificar con claridad cuales son esos colectivos, en ocasiones pueden estar organizados por fuentes de ingreso, por centros de trabajo, por el lugar de residencia o simplemente, por razones afectivas, de afinidad.

De lo que se trata es de lograr que los estudiantes se integren conscientemente a un colectivo, conformado de modo que se asegure su estabilidad, condición indispensable para que este enfoque de la labor educativa tenga éxito.

No es posible olvidar que las políticas neoliberales tratan de imponer, como una forma más de dominación, modelos de pensamiento únicos dirigidos a socavar las identidades de nuestros pueblos, lo que frecuentemente esta sutil e imperceptiblemente presente en determinadas concepciones pedagógicas, que exageran el papel de la educación a distancia, el aprendizaje personalizado, el empleo de las TIC, etc. con el pretexto de *"facilitar "*el aprendizaje.

En particular en esta dirección es necesario tener presente que el empleo de los diferentes medios de enseñanza que se utilicen en esta modalidad, deben propiciar que el estudiante sienta la necesidad de gestionar su propia información, de buscar otras fuentes alternativas y de participar activamente de los espacios de aprendizaje colaborativo previstos .Todo ello, motivados por exigencias profesionales y socioculturales que le conduzcan a ampliar incesantemente sus conocimientos y habilidades y a compartirlos con otros estudiantes para lograr una verdadera formación integral.

- ***Utilización de las potencialidades de todos los escenarios educativos****, en función de garantizar la calidad de la formación integral del estudiante.*

Si en la modalidad presencial el escenario educativo principal es el aula, donde el estudiante permanece gran parte de su tiempo y en la que se realizan la mayoría de las actividades docentes, la modalidad semipresencial se configura a partir de la interacción entre los elementos del modelo descritos anteriormente en múltiples escenarios educativos; los cuales, en la dinámica de la semipresencialidad, asumen particular relevancia en la medida en que se logren integrar para elevar la eficiencia del proceso de formación.

Hay que tener en cuenta el grado de implicación de la sociedad cubana en todos los Programas de la Revolución y en particular aquellos relacionados con la educación. De tal modo, no puede ser ajeno al proceso de formación el centro de trabajo del estudiante, su familia, las instituciones culturales del territorio, etc. las que, en su integración ofrecen un conjunto de posibilidades formativas que no es posible alcanzar en una sola institución en específico. Esa integración de los escenarios educativos es una de las principales fortalezas de esta modalidad, en su propósito de lograr la excelencia académica.

A continuación se caracterizan los principales escenarios que son necesarios tener en cuenta en la gestión del proceso de formación:

Sedes Universitarias Municipales y otras Sedes Universitarias: Subordinadas a las universidades, son el centro de la organización, desarrollo y control de la universalización de la educación superior en los territorios donde están enclavadas y

permiten disponer de instalaciones docentes especificas para el desarrollo del proceso de formación, como son: aulas, bibliotecas, laboratorios, computadoras y otros centros de recursos de aprendizaje, todos los cuales contribuyen al desarrollo del proceso. En ellas, además, los estudiantes tramitan los aspectos formales requeridos con su proceso de formación, tales como matrícula, certificación de notas, recepción de materiales docentes, y otros similares.

Estas sedes devienen, en su desarrollo, las instituciones culturales de mayor impacto de la localidad, alrededor de las cuales se desarrollan además múltiples actividades culturales, sociales, recreativas y de desarrollo local que gradualmente van contribuyendo a la transformación del territorio. El éxito del funcionamiento de la sedes depende en gran medida de su capacidad para integrar y movilizar a todos implicados: gobierno, instituciones, profesionales y otros actores sociales en función de las actividades universitarias, así coma de su interacción con los restantes escenarios educativos que radican en el territorio; en particular resultan decisivas sus buenas relaciones con el gobierno, a los efectos de lograr su atención al mejoramiento de las condiciones de trabajo y estudio, así coma su apoyo al impacto de la universalización de la educación superior en el desarrollo local sostenible.

El hogar*:* Esta modalidad de formación se apoya también en el papel que desempeña el hogar cubano como institución educativa. Ahí tiene lugar el encuentro de los colectivos de estudiantes, que se reúnen para realizar su estudio colectivo y cumplir otras actividades que demandan del trabajo en grupo. El hogar del estudiante es igualmente un espacio en el que el tutor y la familia comparten las experiencias formativas del estudiante, produciendo un acercamiento gradual entre la sede y la familia. En particular en !a formación de trabajadores sociales, Ia *casa-escuela* se ha convertido en el eje estructurador de todo el proceso educativo, otras experiencias similares deben estar presentes en el perfeccionamiento continuo de los estudios de esta modalidad, fundamentalmente en cuanto al necesario vínculo de la sede universitaria con la familia.

El centro de trabajo: Otra fortaleza de nuestro sistema social es poder integrar a los empleadores al proceso de formación de los estudiantes, haciendo que se sientan

igualmente protagonistas a la vez que participan, de conjunto con las sedes, en el seguimiento y evaluación de los resultados de sus trabajadores.

Los empleadores, asesorados metodológicamente por la universidad y sus sedes, cumplen un papel de primer orden: apoyan con profesores y materiales docentes los estudios de los trabajadores que pertenecen a los mismos, participan de Ia gestión del proceso de formación y propician Ia integración entre los estudios universitarios y las tareas laborales que esos estudiantes cumplen. Adicionalmente, este escenario puede contribuir de modo eficaz a fortalecer el vínculo entre el estudio y el trabajo, una importante contradicción que, en el plano pedagógico, se presenta en estos estudios para algunas fuentes de ingreso. La integración de Ia universidad, con sus sedes y los centros de trabajo con el propósito de reforzar el papel de la actividad laboral en la carrera, resulta estratégica en la modalidad de estudio semipresencial.

***Las unidades docentes**:* Dependencias universitarias en las empresas e instituciones sociales, decisivas para garantizar el vínculo entre el estudio y el trabajo en la modalidad presencial, constituyen una fortaleza para la actividad universitaria en el territorio y en particular para los estudios de la modalidad semipresencial, que los centros de educación superior deben ser capaces de integrar como sistema a la red universitaria en la provincia, estableciendo estrechos vínculos de trabajo con las sedes universitarias, los gobiernos y restantes instituciones de la localidad. En aquellas fuentes de ingreso como los Cursos de Superación Integral para Jóvenes, que no tienen un vínculo laboral establecido, las unidades docentes pueden jugar un papel importante en el desarrollo de la actividad investigativo-laboral.

***Otras instituciones educativas y sociales**:* Las bibliotecas municipales, los Joven Club de Computación y otras instituciones, que devienen centros en los cuales los estudiantes pueden acceder a otras ayudas pedagógicas, tales como literatura complementaria, acceso a información digitalizada, etc. Los servicios ofrecidos por esas instituciones forman parte de las potencialidades del sistema de escenarios educativos donde tiene lugar el proceso de formación en este tipo de estudios. Sus funciones están relacionadas con el acceso a la información, el empleo de recursos tecnológicos, el

asesoramiento, la tutoría y escenarios para la práctica laboral y el trabajo investigativo.

- ***Impacto social**, no solo en cuanto a la trascendencia intrínseca que tiene la universalización de la educación superior para el desarrollo de la sociedad, sino además por las potencialidades de la modalidad de estudio para incidir en el desarrollo local sostenible y en la propia formación de los estudiantes.*

Los territorios e instituciones donde se realizan los estudios universitarios deben beneficiarse no solo por la elevación del nivel cultural y profesional del personal que los cursan, sino además por los trabajos de curso y de investigación que realizan los estudiantes bajo la dirección de sus profesores, por lo que en el perfeccionamiento de la modalidad tiene que estar presente también el objetivo del desarrollo local sostenible, en sus diferentes vertientes : social, económico, cultural, ambiental, etc. Estas potencialidades deben conducir gradualmente a que en cada territorio la estructura de carreras que allí se imparten asegure las demandas esenciales del desarrollo local.

Por otra parte, tal como se dijo anteriormente, la solución de problemas reales de la sociedad a través del vínculo laboral, los trabajos de curso y de diploma; las investigaciones extracurriculares, y las tareas de impacto que se asignen a los estudiantes, es determinante en el componente educativo de la formación y en la aplicación del principio del vínculo del estudio y del trabajo de nuestra educación. Los dirigentes, profesores, tutores y diferentes organizaciones que participan en el proceso educativo, deben saber sacar el máximo beneficio de la potencialidad que brinda la modalidad semipresencial en cuanto al impacto social.

La planeacion estratégica del territorio; el banco de problemas y de soluciones generalizables del Fórum de Ciencia y Técnica; el plan anual de ciencia e innovación tecnológica del municipio y el plan de generalización a esa misma instancia, constituyen documentos que deben servir de guía para la adecuada organización de Ia actividad investigativo-laboral de los estudiantes en esta modalidad.

- ***Trabajo colaborativo en red desde el nivel nacional hasta los escenarios educativos en la base**, en función de garantizar la integralidad y coherencia de los*

diferentes elementos que conforman la modalidad de estudios semipresencial.

Dadas las características de la modalidad y la necesaria racionalidad en su aseguramiento material, los medios de enseñanza fundamentales se elaborarán y producirán centralizadamente, por lo que las Comisiones Nacionales de Carrera, además de los planes y programas de estudio, tendrán la responsabilidad, con los expertos que designen, de elaborar y perfeccionar los principales materiales didácticos. Para ello el centro rector y las comisiones nacionales deberán desplegar un efectivo trabajo colaborativo con los especialistas más capacitados de los restantes CES, no solo en la etapa del diseño, sino en el seguimiento para la validación y perfeccionamiento de lo elaborado. Las comunidades de trabajo virtual que a tales efectos se conformen, evitaran la excesiva movilidad y facilitaran el trabajo en equipo.

La responsabilidad de la efectividad de la gestión del proceso educativo y del correspondiente trabajo metodológico recae en la sede central de los CES y en sus respectivas estructuras, por lo que ellas establecerán los mecanismos y relaciones de trabajo adecuados que garanticen la atención, control y efectividad del proceso formativo que ejecuta en sus sedes universitarias.

En las sedes universitarias donde se desarrolla el proceso formativo, el trabajo colaborativo en red con todos los escenarios educativos del territorio y con su sede central, adquiere una importancia relevante. En este nivel, el trabajo en equipos rebasa los marcos de la estructura institucional y de los colectivos de profesores, pues se tiene que manifestar, además, en el aprendizaje colaborativo en los grupos de estudiantes, utilizando todos los escenarios de aprendizaje disponibles. La participación concertada de estudiantes de diferentes carreras en tareas de alto impacto social para el territorio debe constituir una de las formas principales de materializar estos conceptos en la práctica, durante el proceso de formación.

Nuevas estructuras deberán ser creadas para dar respuesta a las exigencias de esta modalidad de estudios, como son una red de laboratorios o centros de elaboración de los medios de enseñanza; bancos de almacenamiento y utilización de medios y otros recursos didácticos; y centros de recursos en los territorios, donde los estudiantes acudan a consultar los materiales didácticos complementarios. Todas esas

estructuras deben igualmente integrarse al trabajo colaborativo en red, para que el sistema funcione coherentemente.

En la medida que avance la interactividad y el ancho de banda de REDUNIV, el trabajo colaborativo entre todos los componentes del sistema y el propio desarrollo del proceso educativo, ira progresivamente teniendo mayor presencia en las plataformas de teleformación.

2.3 Propuesta del diseño metodológico del curso "Tecnologías y equipos electromecánicos" en la modalidad semipresencial.

A continuación se muestra la relación de cursos y créditos (obligatorios y opcionales) del programa de maestría en electromecánica donde se puede apreciar que el curso Tecnologías y equipos electromecánicos consta de 3 créditos, con 36 horas presenciales del profesor y 108 horas para el trabajo independiente para un total de 144 horas en el desarrollo del curso. Del cual podemos apreciar que este curso es de característica semipresencial.

MÓDULO DE DOCENCIA					
N°	**CURSOS OBLIGATORIOS DE FORMACIÓN BÁSICA**	**Créditos**	**Horas**		
			Lectivas	**Trab. Indep.**	**Totales**
1	Metodología de la investigación Científica	3	36	108	144
2	Matemática aplicada	3	36	108	144
3	Modelación y simulación de sistemas Electromecánicos	4	48	180	240
4	Ecología y Medio ambiente en Sistemas Electromecánicos	3	36	108	144
SUBTOTAL		13	156	504	672
CURSOS OBLIGATORIOS DE FORMACIÓN ESPECIAL					
1	Técnicas de conservación Energética en la industria	3	36	108	144
2	Máquinas y Accionamientos Electromecánicos	4	46	180	240
3	**Tecnologías y equipos electromecánicos**	3	36	108	144

4	Mecánica de los accionamientos y las transmisiones	3	36	10	144
5	Explotación Técnica y Mantenimiento Electromecánico	3	36	8	144
6	Mediciones electromecánicas	3	36	108	144
SUBTOTAL		19	228	720	960
CURSOS OPCIONALES					
1	Modelación y simulación numérica	3	36	108	144
2	Dirección integrada de proyectos y evaluación económica	3	36	108	144
3	Teoría avanzada de procesos Térmicos	3	36	108	144
4	Eficiencia el los sistemas de transporte de fluidos	3	36	108	144
5	Ciencia e ingeniería de los materiales	3	36	108	144
6	Análisis avanzado de sistemas Eléctricos de potencia	3	36	108	144
7	Protecciones digitales	3	36	108	144
8	Técnicas de control moderno	3	36	108	144
9	Fuentes renovables de energía	3	36	108	144
10	Electrónica industrial	3	36	108	144
11	Hidráulica e Hidroaccionamientos	3	36	108	144
12	Termotecnia Aplicada	3	36	108	144
13	Mecánica aplicada	3	36	108	144
14	Máquinas de transporte industrial	3	36	108	144
15	Sistemas de generación	3	36	108	144
16	Computación avanzada	3	36	108	144
17	Sistemas de Ingeniería	3	36	108	144
18	Sistemas mecatrónicos	3	36	108	144
19	Diagnostico de falla a través de las vibraciones	3	36	108	144
20	Tópicos selectos de diseño	3	36	108	144
21	Diseño y fabricación asistido por computación	3	36	108	144
MÓDULO DE EXPERIMENTACIÓN E INVESTIGACIÓN TUTELADA					
12	Participación en eventos	3		144	144
13	Publicaciones	3		144	144
MÓDULO DE TESIS					
14	Elaboración y predefensa de la tesis	47		2256	2256
TOTAL		94	492	4092	4584

2.3.1 - Estructura del curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos".

	Actividades	Horas	Porciento
Fondo de tiempo total	20	144	100%
Conferencias	12	24	16.66%
C. Prácticas	6	12	8.33%
Tarea extraclase y Trabajo investigativo	-	100	69.44%
Visitas a la industria	2	8	1.38%

2.3.2 - Invariante.

La invariante se manifiesta en la organización de la asignatura por tema, conferencias. Los contenidos se analizan siguiendo una estructura lógica que permite ir abordando los mismos, sin necesidad de repetir y que al final el alumno disponga de la fundamentación teórica y práctica de una materia que le permitirá resolver los problemas más diversos relacionados con los temas a tratar. En la planificación de la asignatura P1 se observa la composición de la misma.

2.3.3 – Contenido por temas del curso de postgrado "Tecnologías y Equipos Electromecánicos".

Tema I. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos y de las máquinas.

1. Sección I. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.
    - Elección del esquema de fragmentación.
    - Cálculo de esquema de quebrantadura.
    - Operaciones de clasificación de los esquemas de trituración.
    - Esquema de trituración o molienda.
    - Cálculo de los esquemas de trituración.

2. Sección II. Elección y cálculo tecnológico de las maquinas.

- Principios generales de la elección y cálculo tecnológico de la maquinaria.
    - Elección y cálculo de la maquinaria para la fragmentación, para el cribado, trituración (molienda).
    - Elección y cálculo de maquinaria para clasificar, para la concentración por medio de procesos de gravitación.

Tema II. Uso, selección y cálculo de las máquinas transportadoras.

- Uso general de las máquinas transportadoras.
- Elementos constructivos, principio de funcionamiento.
- Metodología de cálculo y selección de los transportadores de banda, de tablillas o placas, de rastrillo, de bandeja, de tornillo sin fin y vibratorio.

Tema III. Uso, selección y cálculo de los transportadores Neumáticos.

- Uso general y uso de los transportadores neumáticos.
- Ventajas y desventajas.
- Elementos constructivos.
- Principio de funcionamiento.
- Metodología de cálculo y selección de los transportadores neumáticos.

Tema IV. Transporte de fluidos de suspensión no newtonianos por tuberías.

- Fundamento de flujo no newtoniano.
- Obtención de las curvas de flujo.
- Estimación de los parámetros reológicos.
- Flujo laminar en tuberías circulares.
- Requerimientos energéticos para el transporte de suspensiones no newtonianas por tuberías.
- Balance de energía mecánica.
- Soluciones a problemas de flujo con suspensiones no newtonianas.

Tema V. Uso, selección y cálculos de los transportadores hidráulicos.

- Determinación de la productividad horario necesaria de la instalación de hidrotransporte.
- Cálculo y selección de las tuberías.
- Determinación de la presión de cálculo y selección del tipo y cantidad de bombas de pulsar.
- Cálculo de la característica de la red exterior.
- Recálculo de las características de la bomba de pulsar con agua y con hidromezcla.
- Determinación y análisis del régimen de trabajo de la bomba de pulsar.
- Determinación y análisis del régimen de trabajo de la conexión en serie de la bomba de pulpa.
- Determinación del lugar de ubicación de la instalación de bombeo.
- Determinación de la potencia y selección del motor eléctrico.
- Determinación de los indicadores técnicos-económicos de trabajo de la instalación de hidrotransporte.

2.3.4 – Métodos y formas organizativas: P1.

Teniendo como base los modelos de los objetivos, contenido, esquema lógico-estructural e invariante de la asignatura, conformamos el P1 con el tipo de forma organizativa y el título de cada actividad, además nos apoyamos en los eslabones del proceso docente-educativo tales como:

- Planificación y organización.
- Compresión.
- Dominio.
- Sistematización.
- Evaluación.
- Control.

Organización.

Nº Actividad.	Tipo.	Tema, sumario y objetivos
1	C1	Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos. Sumario: 1.1.1– Elección, Cálculo y Operaciones de clasificación del esquema de trituración. Objetivo: Mostrar las variedades de los esquemas de trituración y las reglas para su elección y cálculo.
2	C2	Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos. Sumario: 1.1.4 – Esquema de trituración o molienda. Objetivo: Dar a conocer los esquemas de trituración o molienda.
3	CP1	Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos. Sumario: 1.1.5 – Cálculo de los esquemas de trituración. Objetivo: Establecer la metodología para el cálculo del esquema requerido.
4	C3	Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos. Sumario: 1.2.1 – Principios generales de la elección y cálculo tecnológico de la maquinaria, Elección y cálculo de la maquinaria para la trituración, cribado, molienda y para clacificar. Objetivo: Conocer los principios de elección y cálculo de la maquinaria y Lograr una correcta elección y cálculo de la maquinaria.
5	CP2	Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos. Sumario: 1.2.6 - Elección y cálculo de la maquinaria para la concentración por medio de procesos de gravitación. Objetivo: Lograr una correcta elección de la maquinaria para la concentración por medio de procesos de gravitación.
6	C4	Tema 2. Máquinas transportadoras.

		Sumario: 2.1 – Uso general de las máquinas transportadoras. Objetivo: Dar a conocer los conceptos más importantes relacionados con el uso de las máquinas transportadoras.
7	CP3	Tema 2. Máquinas transportadoras. Sumario: 2.2 – Transportadores de banda. Objetivo: Determinar los parámetros principales de los transportadores de banda.
8	C5	Tema 2. Máquinas transportadoras. Sumario: 2.3 – Transportadores de tablilla o placas, rastrillos, bandejas, tornillo sin fin y Vibratorios. Objetivo: Dar a conocer los conceptos más importantes de los transportadores de tablilla o placas, rastrillos, bandejas, tornillo sin fin y Vibratorios.
9	C6	Tema 3. Transportadores neumáticos. Sumario: 3.1 – Uso general de los transportadores neumáticos. Objetivo: Dar a conocer los conceptos más importantes relacionados con el uso general de los transportadores neumáticos.
10	CP4	Tema 3. Transportadores neumáticos. Sumario: 3.2- Cálculo de los transportadores neumáticos. Objetivo: Determinar los parámetros principales de los transportadores neumáticos.
11	C7	Tema 3. Transportadores neumáticos. Sumario: 3.3 – Los equipos de las instalaciones de transporte neumáticos. Objetivo: Orientar y definir la clasificación de los equipos de las instalaciones de transporte neumáticos.
12	C8	Tema 4. Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos

		Sumario: 4.1 – Fundamentos, curvas de trabajo y clasificación reológica del flujo no newtoniano. Objetivo: Orientar y definir los fundamentos de las curvas de trabajo y la clasificación reológica de los fluidos no newtonianos.
13	C9	Tema 4. Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos Sumario: 4.4 – Ecuación de movimiento, Expresión básica para describir el flujo a través de conductos y Sistemas particulados, sus características generales. Objetivo: Orientar y mostrar las ecuaciones de movimiento, expresión básica que describen el flujo a través de conductos y mostrar las características generales de sistemas particulados,
14	CP5	Tema 4. Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos Sumario: 4.7 – Obtención de las curvas de flujo, Estimación de los parámetros reológicos y Requerimientos energéticos para el transporte de suspensiones no newtonianas por tuberías, Balance de energía mecánica. Objetivo: Que los estudiantes sepan obtener las curvas de flujo y parámetros para el transporte de suspensiones no newtonianas por tuberías.
15	C10	Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico. Sumario: 5.1 – Determinación de la productividad horaria necesaria de la instalación, Cálculo y selección de tuberías y Determinación de la presión de cálculo y selección del tipo y cantidad de bombas de pulpas. Objetivo: Que los estudiantes sepan obtener la productividad horaria, selección de tuberías y cantidad de bombas.
16	CP6	Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico. Sumario: 5.4 – Cálculo de la característica de la red exterior y Recálculo de las características de la bomba de pulpa con agua y con hidromezcla.

		Objetivo: Determinar las características de la red y de la bomba.
17	C11	Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico. Sumario: 5.6 – Determinación y análisis del régimen de trabajo, Determinación del régimen de trabajo de la conexión en serie de la bomba de pulpa. Objetivo: Que los estudiantes sepan determinar el régimen de trabajo.
18	C12	Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico. Sumario: 5.8 Determinación del lugar de ubicación de la estación de bombeo, Determinación de la potencia y selección del motor eléctrico y Determinación de los indicadores técnico económicos de trabajo de la instalación de hidrotransporte. Objetivo: Aplicar el cálculo de determinación de la potencia, ubicación y selección del motor

2.4 - Valoración del trabajo.

Este trabajo constituye en el plano social un elemento de importancia, pues está diseñando para la elaboración de la metodología de la enseñanza del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”, mostrando la vía más adecuada para el desarrollo de la misma y de esta forma elevar la calidad científico-técnica de los egresados, de modo que puedan responder a las exigencias actuales y futuras.

La creación de la Web del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” tiene como finalidad mostrar todos los contenidos del curso de forma digital.

Esta página Web se encuentra en: http://infoweb/infoweb/telectromeca y el usuario podrá acceder a ella con el nombre de usuario: estudiantes y contraseña: estudiante. En el hipervínculo DOCUMENTOS, se encuentra la Guía de Estudio facilitar la manera de estudio independiente, los temas de la asignatura, los ejercicios resueltos, materiales complementarios para ampliar los conocimientos y catálogos para la selección de motores eléctricos.

Este trabajo se podrá medir en el continuo perfeccionamiento y desarrollo que ocasionará su buena aplicación, esta metodología provocará una mayor profundización y asimilación de los conocimientos, logrando preparar al egresado con capacidad para enfrentarse a los problemas de la sociedad.

2.5 Conclusiones del capítulo

El modelo propuesto permite estructurar el sistema de conocimientos del curso "Tecnologías y Equipos Electromecánicos" para el programa de Maestría y Doctorado en electromecánica y sus temas. Con la propuesta de organización del plan analítico se estructura el curso y se establece un orden de prioridad en los conocimientos necesarios para garantizar el buen aprendizaje en los cursistas y el desarrollo de valores.

CONCLUSIONES.

- Se determinaron las principales tendencias y regularidades para la elaboración metodológica del proceso docente educativo del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” perteneciente al programa de Maestría y Doctorado en Electromecánica.
- El modelo que se propone de la elaboración del curso “Tecnologías y Equipos Electromecánicos” perteneciente al programa de Maestría y Doctorado en Electromecánica, fundamenta y vincula la estructura interna del modelo de la teoría, con el problema fundamental que resuelve, los problemas profesionales a los que tributa, el principio de asimilación de los contenidos y los criterios científicos para la organización didáctica de los conocimientos.
- En la propuesta del modelo de organización didáctica del proceso educativo-instructivo existe un equilibrio entre las actividades teóricas e investigativas y un número considerable de horas a la actividad de tareas extractases y trabajos investigativos, desarrollando el pensamiento y la creatividad del estudiante.
- Se realizó el diseño de la página Web de la asignatura, registrándose una amplia información referente de la misma, propiciando la posibilidad de elevar la preparación profesional del estudiante.

RECOMENDACIONES.

Este material por la importancia de los contenidos para el desarrollo del curso “Tecnologías y equipos electromecánicos” en el campo de las Tecnología de la Informática y las Comunicaciones se recomienda:

- Utilizar el modelo propuesto en el trabajo para la enseñanza y el aprendizaje del curso “Tecnologías y equipos electromecánicos” en el programa de Maestría y Doctorado en Electromecánica y que sirva de base para el perfeccionamiento de los demás cursos del programa.
- Seguir trabajando en el perfeccionamiento de los conocimientos, habilidades y valores como en la integración interdisciplinaria considerando los problemas profesionales, modo de actuación del profesional y la lógica interna de las ciencias que conforman las disciplinas.
- Que la página Web sea actualizada constantemente con la información de Internet y otros materiales elaborados por el propio profesor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos aquellos que con su colaboración hicieron posible la materialización de este trabajo.

A mis tutores Dr. Alberto Turro Breff y M. Sc. Oris R. Silva Diéguez. A quienes por sus experiencias e inmejorables asesorias agradezco sus ideas, consejos y enseñanzas.

A mi padre, madre y hermanas por todo el apoyo que me han brindado siempre a lo largo de la carrera.

A mi esposa e hijo por todo el amor que les profeso y por ser la llama incesante para seguir adelante, por el sacrificio y comprensión que ha mostrado durante mi carrera.

A mi suegro, suegra y cuñados por el apoyo brindado en todo momento.

A todos muchas gracias.

PENSAMIENTO

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

RESUMEN

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

INTRODUCCIÓN.

INDICE.

TEMA # 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.

1.1.1 - Elección del esquema de trituración. 1

1.1.2- Cálculo del esquema de trituración. 13

1.1.3- Operaciones de clasificación de los esquemas de trituración. 22

1.1.4- Esquema de trituración o molienda. 29

1.1.5- Cálculo de los esquemas de trituración. 34

1.2.1- Principios generales de la elección y cálculo tecnológico de la maquinaria. 46

1.2.2- Elección y cálculo de la máquina para la fragmentación. 47

1.2.3 - Elección y cálculo de la máquina para el cribado. 52

1.2.4 - Elección y cálculo de la maquinaria de trituración (molienda). 57

1.2.5- Elección y cálculo de la maquinaria para clasificar. 66

1.2.6- elección y cálculo de la maquinaria para la concentración por medio de gravitación 68

TEMA # 2. Máquinas transportadoras.

2.1- Uso general de las máquinas transportadoras. 81

2.2- Transportadores de banda. 85

2.3- Transportadores de tablillas o placas. 110

2.4- Transportadores de rastrillos. 120

2.5- Transportadores de bandejas. 127

2.6- Transportadores de tornillo sin fin. 130

2.7- Transportadores vibratorios. 133

TEMA # 3. Elección y cálculo de los transportadores neumáticos.

3.1- Uso general de los transportadores neumáticos. 135

3.2- Cálculo de los transportadores neumáticos. 140

3.3- Equipos de las instalaciones de transporte neumáticos 146

TEMA # 4. *Transporte de fluidos de suspensiones no newtoniana*

4.1- fundamentos del flujo no newtoniano 149

4.2- Curvas de flujo 152

4.3- Clasificación reológica de los fluidos. 154
4.4- Fenómeno de movimiento. Expresión básica para describir el flujo a través de conductos. 155
4.5 – Sistemas particulados, sus características generales. 156
4.6- obtención de las curvas de flujo. Estimación de los parámetros reológicos. 160
4.7- requerimientos energéticos para el transporte de suspensiones no newtonianas por tuberías. Balance de energía mecánica. 167
TEMA # 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.
5.1- Determinación de la productividad horaria necesaria de la instalación 180
5.2- Cálculo y selección de las tuberías. 181
5.3- Determinación de la presión de cálculo y selección del tipo y cantidad de bombas de pulpas. 185
5.4- Cálculo de la característica de la red exterior. 187
5.5- Recálculo de las características de la bomba de pulpa con agua y con hidromezcla. 188
5.6- Determinación y análisis del régimen de trabajo de la bomba con pulpa. 192
5.7- Determinación y análisis del régimen de trabajo de la conexión en serie de la bomba de pulpa. 193
5.8- Determinación del lugar de ubicación de la estación de rebombeo. 196
5.9- Determinación de la potencia y selección del motor eléctrico. 198
5.10- Determinación de los indicadores técnicos-económicos de trabajo de la instalación de hidrotransporte. 199
NOMENCLATURA. 202
BIBLIOGRAFIAS. 219

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"

FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

GUÍA DE ESTUDIO

"TECNOLOGÍAS Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS"

Índice:

- Introducción
- Orientaciones generales para la auto-preparación de los estudiantes.
- Tema # I Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.
- Tema # II Elección y cálculo Máquinas transportadoras.
- Tema # III Elección y cálculo de los transportadores neumáticos.
- Tema # IV Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos.
- Tema # V Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.
- Ejercicios demostrativos para la comprensión del tema # I.
- Ejercicios demostrativos para la comprensión del tema # II.
- Ejercicios demostrativos para la comprensión del tema # III.
- Ejercicios demostrativos para la comprensión del tema # IV.
- Ejercicios demostrativos para la comprensión del tema # V.

Introducción

Esta guía de estudio pretende brindar a los cursistas de postgrado las facilidades de localizar en las diferentes fuentes bibliográficas propuestas, los temas indicados. Se precisan los elementos teóricos esenciales, para lograr junto con los ejercicios resueltos y propuestos las habilidades declaradas en el diseño metodológico. Sin pretender sustituir el texto básico, se aprovechan las fuentes bibliográficas existentes en el ISMM en diferentes formatos y los resultados de las búsquedas en INTERNET. Se cuenta además con documentos relacionados con catálogos y manuales que contienen información actualizada del año 2006 de la comunidad económica europea relacionadas con la evaluación y selección del equipamiento electromecánico utilizado en el sector industrial en diferentes procesos ,el análisis del desempeño de equipos e instalaciones en diferentes regímenes de trabajo bajo diferentes condiciones de explotación, en los cuales se abordan por distintas vías los temas que contiene este curso.

.

Orientaciones generales para la autopreparación de los cursistas:

El curso “Tecnologías y Equipos electromecánicos” le proporciona un acercamiento a los contenidos relacionados:

- Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.
- Elección y cálculo tecnológico de la maquinaria fundamental para los procesos de beneficia de minerales.
- Uso general de las máquinas transportadoras.
- Transportadores de banda, de tablillas o placas, de rastrillos, de bandejas, de tornillo sin fin y transportadores vibratorios.
- Elección y cálculo de los transportadores neumáticos, Uso general, cálculo.
- Equipos de las instalaciones de transporte neumáticos.
- Transporte de fluidos de suspensiones no newtoniana, fundamentos del flujo no newtoniano, curvas, Clasificación reológica de los fluidos.
- Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.

Clase encuentro # *1*

Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.

Contenido: Elección, Cálculo y Operaciones de clasificación del esquema de trituración.

Objetivo: Mostrar las variedades de los esquemas de trituración y las reglas para su elección y cálculo.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 1 – 29

Bibliografía Complementaria:

- ANDREIEV, S.E. Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- HERNÁNDEZ, G. Proceso industrial metalúrgico del níquel. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.
- MITROFANOV, S.I. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales. Moscú: Editorial Mir, 1982.
- *NUROK, G.A. Procesos y tecnología de la hidromecanización en trabajos mineros. Moscú: Niedra, 1979.*
- RÁZUMOV K. A. “Proyectos de Fábricas de Preparación de minerales”. Editorial mir, Moscú. 1982.

Clase encuentro # *2*

Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.

Contenido: Esquema de trituración o molienda.

Objetivo: Dar a conocer los esquemas de trituración o molienda.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 30 - 34

Bibliografía Complementaria:

- ANDREIEV, S.E. Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- HERNÁNDEZ, G. Proceso industrial metalúrgico del níquel. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.
- MITROFANOV, S.I. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales. Moscú: Editorial Mir, 1982.

- *NUROK, G.A. Procesos y tecnología de la hidromecanización en trabajos mineros. Moscú: Niedra, 1979.*
- RÁZUMOV K. A. “Proyectos de Fábricas de Preparación de minerales”. Editorial mir, Moscú. 1982.

Clase encuentro # *3*

Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.

Contenido: Cálculo de los esquemas de trituración.

Objetivo: Establecer la metodología para el cálculo del esquema requerido.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 35 - 46

Bibliografía Complementaria:

- ANDREIEV, S.E. Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- HERNÁNDEZ, G. Proceso industrial metalúrgico del níquel. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.
- MITROFANOV, S.I. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales. Moscú: Editorial Mir, 1982.
- *NUROK, G.A. Procesos y tecnología de la hidromecanización en trabajos mineros. Moscú: Niedra, 1979.*
- RÁZUMOV K. A. “Proyectos de Fábricas de Preparación de minerales”. Editorial mir, Moscú. 1982.

Clase encuentro # *4*

Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.

Contenido: Principios generales de la elección y cálculo tecnológico de la maquinaria, Elección y cálculo de la maquinaria para la trituración, cribado, molienda y para clasificar.

Objetivo: Conocer los principios de elección y cálculo de la maquinaria y Lograr una correcta elección y cálculo de la maquinaria.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 47 - 68

Bibliografía Complementaria:

- ANDREIEV, S.E. Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- HERNÁNDEZ, G. Proceso industrial metalúrgico del níquel. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.
- MITROFANOV, S.I. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales. Moscú: Editorial Mir, 1982.
- *NUROK, G.A. Procesos y tecnología de la hidromecanización en trabajos mineros. Moscú: Niedra, 1979.*
- RÁZUMOV K. A. "Proyectos de Fábricas de Preparación de minerales". Editorial mir, Moscú. 1982.

Clase encuentro # *5*

Tema 1. Elección y cálculo de los esquemas tecnológicos.

Contenido: Elección y cálculo de la maquinaria para la concentración por medio de procesos de gravitación.

Objetivo: Lograr una correcta elección de la maquinaria para la concentración por medio de procesos de gravitación.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado "Tecnologías y Equipos Electromecánicos". Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 69 - 81

Bibliografía Complementaria:

- ANDREIEV, S.E. Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- FOMENKO, T.G. Procesos de enriquecimiento de minerales por gravitación. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- HERNÁNDEZ, G. Proceso industrial metalúrgico del níquel. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.
- MITROFANOV, S.I. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales. Moscú: Editorial Mir, 1982.
- *NUROK, G.A. Procesos y tecnología de la hidromecanización en trabajos mineros. Moscú: Niedra, 1979.*

- RÁZUMOV K. A. “Proyectos de Fábricas de Preparación de minerales”. Editorial mir, Moscú. 1982.
- Zelienkii O. B., Petrob A. C. *Manual para Proyectos de Transportadores de Banda*. Niedra. Moscú, 1986.

Clase encuentro # *6*

Tema 2. Máquinas transportadoras.

Contenido: Uso general de las máquinas transportadoras.

Objetivo: Dar a conocer los conceptos más importantes relacionados con el uso de las máquinas transportadoras.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 82 - 86

Bibliografía Complementaria:

- Loyola Fernández, R. *Estandarización del sistema de transportadores de banda en taller 01 de la planta de preparación de mineral de la Empresa Ernesto Che Guevara.* Trabajo de Diploma, facultad de electromecánica, ISMM, Moa, 2002.
- Martínez G. S. T., Montes de Oca J*. Estudio del transportador central para la fabricación de calzado*. Trabajo de diploma, facultad de electromecánica, ISMM, Moa, 2001.
- Méndez Galardy, O. *Automatización de la metodología de cálculo de los transportadores de banda.* Trabajo de Diploma, facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 2002.
- Oriol G. J. M., Aguilar P. F. *Máquinas de transporte continuo*. Tomo I. Editorial Pueblo y Educación. 1995. Libro.
- Zelienkii O. B., Petrob A. C. *Manual para Proyectos de Transportadores de Banda*. Niedra. Moscú, 1986.
- San Martín Ferrer, J. *Selección del sistema de transporte de minerales en la Empresa Rene Ramos Latour para el yacimiento Canadá este*. Trabajo de Diploma, facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 2001.

Clase encuentro # *7*

Tema 2. Máquinas transportadoras.

Sumario: Transportadores de banda.

Objetivo: Determinar los parámetros principales de los transportadores de banda.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 87 -109

Bibliografía Complementaria:

- Loyola Fernández, R. *Estandarización del sistema de transportadores de banda en taller 01 de la planta de preparación de mineral de la Empresa Ernesto Che Guevara.* Trabajo de Diploma, facultad de electromecánica, ISMM, Moa, 2002.
- Martínez G. S. T., Montes de Oca J*. Estudio del transportador central para la fabricación de calzado*. Trabajo de diploma, facultad de electromecánica, ISMM, Moa, 2001.
- Méndez Galardy, O. *Automatización de la metodología de cálculo de los transportadores de banda.* Trabajo de Diploma, facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 2002.
- Oriol G. J. M., Aguilar P. F. *Máquinas de transporte continuo*. Tomo I. Editorial Pueblo y Educación. 1995. Libro.
- Zelienkii O. B., Petrob A. C. *Manual para Proyectos de Transportadores de Banda*. Niedra. Moscú, 1986.
- San Martín Ferrer, J. *Selección del sistema de transporte de minerales en la Empresa Rene Ramos Latour para el yacimiento Canadá este*. Trabajo de Diploma, facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 2001.

Clase encuentro # *8*

Tema 2. Máquinas transportadoras.

Contenido: Transportadores de tablilla o placas, rastrillos, bandejas, tornillo sin fin y Vibratorios.

Objetivo: Dar a conocer los conceptos más importantes de los transportadores de tablilla o placas, rastrillos, bandejas, tornillo sin fin y Vibratorios.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 110 - 135

Bibliografía Complementaria:

- Martínez G. S. T., Montes de Oca J*. Estudio del transportador central para la fabricación de calzado*. Trabajo de diploma, facultad de electromecánica, ISMM, Moa, 2001.

- Méndez Galardy, O. *Automatización de la metodología de cálculo de los transportadores de banda.* Trabajo de Diploma, facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 2002.
- Oriol G. J. M., Aguilar P. F. *Máquinas de transporte continuo*. Tomo I. Editorial Pueblo y Educación. 1995. Libro.

***Clase encuentro* # 9**

Tema 3. Transportadores neumáticos.

Contenido: Uso general de los transportadores neumáticos.

Objetivo: Dar a conocer los conceptos más importantes relacionados con el uso general de los transportadores neumáticos.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 136 - 140

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- PACHECO, P.B. “Bombas, ventiladores y compresores. Santiago de Cuba: Ediciones ISPJAM, 1987.
- RAMOS, P.N. Bombas, Ventiladores y Compresores. La Habana: Ediciones ISJAE, 1989.

***Clase encuentro* # 10**

Tema 3. Transportadores neumáticos.

Contenido: Cálculo de los transportadores neumáticos.

Objetivo: Determinar los parámetros principales de los transportadores neumáticos.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 141 - 146

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- PACHECO, P.B. “Bombas, ventiladores y compresores. Santiago de Cuba: Ediciones ISPJAM, 1987.
- RAMOS, P.N. Bombas, Ventiladores y Compresores. La Habana: Ediciones ISJAE, 1989.

***Clase encuentro* # 11**

Tema 3. Transportadores neumáticos.

Contenido: Los equipos de las instalaciones de transporte neumáticos.

Objetivo: Orientar y definir la clasificación de los equipos de las instalaciones de transporte neumáticos.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 147 - 150

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- PACHECO, P.B. “Bombas, ventiladores y compresores. Santiago de Cuba: Ediciones ISPJAM, 1987.
- RAMOS, P.N. Bombas, Ventiladores y Compresores. La Habana: Ediciones ISJAE, 1989.

***Clase encuentro* # 12**

Tema 4. Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos

Contenido: Fundamentos, curvas de trabajo y clasificación reológica del flujo no newtoniano.

Objetivo: Orientar y definir los fundamentos de las curvas de trabajo y la clasificación reológica de los fluidos no newtonianos.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 151 - 157

Bibliografía Complementaria:

- *ATSUSHI, T. et. al. Effect of Temperature on rheological properties of Suspensions.* Non – Newtonian Fluid Mechanics*, 1987, 26 (175): 6-16.*
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DARBY, R. Laminar and turbulent pipe flows of non Newtonian fluids, in flow dynamics and transport phenomena, 2000
- DÍAZ, A. Selección del diámetro óptimo de tuberías para fluidos no newtonianos viscosos (segunda parte) flujo por bombeo. *Revista Tecnología Química*, 1999, 19(1): 18-27.
- GARCELL, L. Caracterización reológica de la pulpa de limonita de Moa. *Revista Tecnología química,* 1992, (1): 5-9.
- IZQUIERDO, P.R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.
- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.
- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.
- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.

Clase encuentro # 13

Tema 4. Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos

Contenido: Ecuación de movimiento, Expresión básica para describir el flujo a través de conductos y Sistemas particulados, sus características generales.

Objetivo: Orientar y mostrar las ecuaciones de movimiento, expresión básica que describen el flujo a través de conductos y mostrar las características generales de sistemas particulados,

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.
Páginas: 158 - 161
Bibliografía Complementaria:

- *ATSUSHI, T. et. al. Effect of Temperature on rheological properties of Suspensions.* Non – Newtonian Fluid Mechanics*, 1987, 6-16.*
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DARBY, R. Laminar and turbulent pipe flows of non Newtonian fluids, in flow dynamics and transport phenomena, 2000
- DÍAZ, A. Selección del diámetro óptimo de tuberías para fluidos no newtonianos viscosos (segunda parte) flujo por bombeo. *Revista Tecnología Química*, 1999, 18-27.
- IZQUIERDO, P.R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.
- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.
- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.

- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.

***Clase encuentro* # 14**

Tema 4. Transporte de fluidos de suspensiones no newtonianos

Contenido: Obtención de las curvas de flujo, Estimación de los parámetros reológicos y Requerimientos energéticos para el transporte de suspensiones no newtonianas por tuberías, Balance de energía mecánica.

Objetivo: Que los estudiantes sepan obtener las curvas de flujo y parámetros para el transporte de suspensiones no newtonianas por tuberías.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 162 - 182

Bibliografía Complementaria:

- *ATSUSHI, T. et. al. Effect of Temperature on rheological properties of Suspensions.* Non – Newtonian Fluid Mechanics*, 1987, 26 (175): 6-16.*
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DARBY, R. Laminar and turbulent pipe flows of non Newtonian fluids, in flow dynamics and transport phenomena, 2000
- DÍAZ, A. Selección del diámetro óptimo de tuberías para fluidos no newtonianos viscosos (segunda parte) flujo por bombeo. *Revista Tecnología Química*, 1999, 19(1): 18-27.
- GARCELL, L. Caracterización reológica de la pulpa de limonita de Moa. *Revista Tecnología química,* 1992, 5-9.
- IZQUIERDO, P. R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.
- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.

- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.
- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.

***Clase encuentro* # 15**

Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.

Contenido: Determinación de la productividad horaria necesaria de la instalación, Cálculo y selección de tuberías y Determinación de la presión de cálculo y selección del tipo y cantidad de bombas de pulpas.

Objetivo: Que los estudiantes sepan obtener la productividad horaria, selección de tuberías y cantidad de bombas.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 183 - 189

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DAKUKIN.V.P. Análisis técnico–económico de un sistema de hidrotransporte por tubería. I.M.L, Leningrado, 1987.
- HERNÁNDEZ, J.L et. al. Optimización energética de un sistema de impulsión de agua industrial en una empresa minera. *Revista Innovación*, 2001, 89-94.
- IZQUIERDO, P.R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.
- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las

condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.

- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.
- PAKROVSKAYA, V.I. Vías para el incremento de la efectividad del transporte hidráulico. Moscú: Niedra, 1972.
- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.
- VEGA, R.J. Hidrodinámica y separaciones mecánicas. La Habana: Ediciones ENPES, 1998. tomo II.

***Clase encuentro* # 16**

Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.

Contenido: Cálculo de la característica de la red exterior y Recálculo de las características de la bomba de pulpa con agua y con hidromezcla.

Objetivo: Determinar las características de la red y de la bomba.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 190 - 194

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DAKUKIN.V.P. Análisis técnico–económico de un sistema de hidrotransporte por tubería. I.M.L, Leningrado, 1987.
- HERNÁNDEZ, J.L et. al. Optimización energética de un sistema de impulsión de agua industrial en una empresa minera. *Revista Innovación*, 2001, 89-94.
- IZQUIERDO, P.R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.

- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.
- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.
- PAKROVSKAYA, V.I. Vías para el incremento de la efectividad del transporte hidráulico. Moscú: Niedra, 1972.
- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.
- VEGA, R.J. Hidrodinámica y separaciones mecánicas. La Habana: Ediciones ENPES, 1998. tomo II.

Clase encuentro # 17

Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.

Contenido: Determinación y análisis del régimen de trabajo, Determinación del régimen de trabajo de la conexión en serie de la bomba de pulpa.

Objetivo: Que los estudiantes sepan determinar el régimen de trabajo.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 195 - 199

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DAKUKIN.V.P. Análisis técnico–económico de un sistema de hidrotransporte por tubería. I.M.L, Leningrado, 1987.
- HERNÁNDEZ, J.L et. al. Optimización energética de un sistema de impulsión de agua industrial en una empresa minera. *Revista Innovación*, 2001, (1): 89-94.
- IZQUIERDO, P.R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las

condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.

- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.
- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.
- PAKROVSKAYA, V.I. Vías para el incremento de la efectividad del transporte hidráulico. Moscú: Niedra, 1972.
- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.
- VEGA, R.J. Hidrodinámica y separaciones mecánicas. La Habana: Ediciones ENPES, 1998. tomo II.

Clase encuentro # 17

Tema 5. Metodología para el cálculo de una instalación de transporte hidráulico.

Contenido: Determinación del lugar de ubicación de la estación de bombeo, Determinación de la potencia y selección del motor eléctrico y Determinación de los indicadores técnico económicos de trabajo de la instalación de hidrotransporte.

Objetivo: Aplicar el cálculo de determinación de la potencia, ubicación y selección del motor.

Bibliografía Básica: Durán Martínez, Wilfredo. Curso de postgrado “Tecnologías y Equipos Electromecánicos”. Tesis de Diploma. Moa 2007.

Páginas: 200 - 206

Bibliografía Complementaria:

- BIRD, R.B.; W.E. STEWART; E.N. LIGHTFOOT. Fenómenos de transporte. Barcelona: Editorial Reverté, 1973
- CATÁLOGO PUZMEISTER. Bombas Industriales. Federal Republic of Germany, 1996.
- CHERKASSKI, V.M. Bombas, Ventiladores y Compresores. Moscú: Editorial Mir, 1986.
- DAKUKIN.V.P. Análisis técnico–económico de un sistema de hidrotransporte por tubería. I.M.L, Leningrado, 1987.

- HERNÁNDEZ, J.L et. al. Optimización energética de un sistema de impulsión de agua industrial en una empresa minera. *Revista Innovación*, 2001, 89-94.
- IZQUIERDO, P.R. Investigación de los parámetros y elaboración de los regímenes racionales del transporte hidráulico de lateritas utilizadas en las condiciones de la Fca Cmdte Pedro Soto Alba. Tesis de Doctorado. Leningrado, 1989. 145 p.
- IZQUIERDO, P. R; A.K. NICOLAEV. Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrotransporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa "Cmdte. Pedro Soto Alba". *Revista Minería y Geología*, 1995, 57- 59.
- KARASSIK, J.J. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema 2001
- KENNETH J. y COL. “Bombas Selección, uso y mantenimiento”. Editorial: C.U.C.E.I. MCGRAW. Año 1998. MÉXICO.
- PAKROVSKAYA, V.I. Vías para el incremento de la efectividad del transporte hidráulico. Moscú: Niedra, 1972.
- STREETER, V.L. Mecánica de los fluidos. La Habana: Ciencia y Técnica, 1978. 737 p.
- VEGA, R.J. Hidrodinámica y separaciones mecánicas. La Habana: Ediciones ENPES, 1998. tomo II.

- **EJERCICIOS DEMOSTRATIVOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL TEMA # I Elección y Cálculo de los esquemas tecnológicos.**

Ejemplos de cálculos de los esquemas de trituración.

Ejemplo 1. Calcular el esquema E (véase Fig. 18). Datos iniciales para el cálculo. Q_1=200 t/h; β_4=50%; R_6=2,6 (28% de la fase sólida); R_7= 0,4 (la clasificación de verificación se realiza en hidrociclones).

1. *Definimos el valor de* Q_4 y Q_7 por las fórmulas (1.37). Previamente, hallamos en la tabla 14 $\beta_4^{/}$=31,5% y $\beta_6^{/}$=53%.

$$Q_4 = Q_1 \frac{\beta_6^{/}(R_6 - R_7)}{\beta_4^{/} R_6 - \beta_6^{/} R_7} = 200 \frac{0{,}53(2{,}6 - 0{,}4)}{0{,}315 * 2{,}6 - 0{,}53 * 0{,}4} = 384 t/h;$$

$Q_7=Q_4-Q_1$=384-200=184 t/h.

2. *Definimos los valores de* Q_8, Q_5, Q_2 y Q_3, por la fórmula (1.37). De antemano designemos la carga circulante óptima.

Tomando en consideración la imposibilidad de realizar el esquema E sin emplear transporte con bombas de los productos en el ciclo de trituración, tomamos la carga circulante $c_{ópt}$ igual a 300%. Entonces

$Q_8 = Q_1\ c_{ópt}$ = 200*3=600 t/h;

$Q_5 = Q_8 – Q_7$ = 600 – 184 = 416 t/h;

$Q_2 = Q_3 = Q_8 + Q_1$ = 600 + 200 = 800 t/h.

Del cálculo del esquema E se desprende que si la primera etapa de concentración se ejecuta con el grosor prefijado del producto triturado, la masa del desagüe del primer clasificador será 1,9 veces mayor que la masa del producto inicial (384: 200). Por esta razón, la realización del esquema E exige clasificadores y medios de transporte más potentes en comparación con el esquema de dos etapas de trituración con ciclo totalmente cerrado en la primera etapa, en el que la masa de desagüe del clasificador de la primera etapa es igual a la masa del producto inicial.

Ejemplo 2. Definir para los datos iniciales del ejemplo 1 el grosor del producto 4, si Q_4 = 250 t/h.

Según la fórmula (1.38)

$$\beta^{/}{}_4 = \frac{\beta^{/}{}_6}{R_6}\left[R_7 + \frac{Q_1(R_6 - R_7)}{Q_4}\right] = \frac{0{,}53}{2{,}6}\left[0{,}4 + \frac{200(2{,}6 - 0{,}4)}{250}\right] = 0{,}44 = 44\%.$$

En la tabla 6 hallamos β_4=65%.

Ejemplo 3. Calcular los esquemas DA y DA$^{/}$ (véase la fig. 23). Datos iniciales para el cálculo: Q_1 = 200 t/h; β_1 = 7%; $\beta_4 = \beta_4^{/} = \beta_{4''}$ = 70%; m =2; k = 0,82; R_4 = 2,6; R_5 = 0,2 (clasificadores espirales).

1. *Definimos el valor de β_2* de acuerdo con la fórmula (1.43)

$$\beta_2 = \beta_1 + \frac{\beta_{cl} - \beta_1}{1 + km} = 0{,}07 + \frac{0{,}7 - 0{,}07}{1 + 0{,}82 * 2} = 0{,}308 = 30{,}8\%.$$

2. *Definimos los valores de* $Q_{5'}$ y $Q_{4'}$ por las fórmulas (1.44). De ante mano hallamos en la tabla 6 los valores de $\beta^{/}_2$ = 18% y $\beta^{/}_4$ =48%.

$$Q_{5'} = \frac{Q_1 R_4 (\beta_4' - \beta_2')}{\beta_4' (R_4 - R_5)} = \frac{200 * 2{,}6(0{,}48 - 0{,}18)}{0{,}48(2{,}6 - 0{,}2)} = 136 t/h;$$

$Q_{4'}=Q_1 - Q_{5'}$ =200 – 136 = 64 t/h.

3. *Determinamos los valores* $Q_{5''}$, Q_5 y Q_3 según las fórmulas (1.45). Previamente designamos la carga circulante óptima.

Para la unión por gravedad de los molinos y el clasificador tomamos $c_{ópt}$ = 500%:

$Q_{5''} = Q_{5'} c_{ópt}$ = 136 * 5 680 t/h;

$Q_5 = Q_6 = Q_{5'} + Q_{5''}$ = 136 + 680 = 816 t/h;

$Q_3 = Q_1 + Q_5$ = 200 + 816 = 1016 t/h.

Ejemplo 4. Calcular los esquemas CA y CA$^{/}$ (véase la fig. 20). Datos iniciales para el cálculo: Q_1 = 200 t/h; β_1=5%; β_7=75%; *m*=1; k=0,82; R_7=2,6; R_8=0,4 (en la segunda etapa de trituración se instalan hidrociclones, en la primera, clasificadores mecánicos).

1. *Definimos el valor de* β_4 según la fórmula (1.48)

$$\beta_4 = \beta_1 + \frac{\beta_{cl} - \beta_1}{1 + km} = 0{,}05 + \frac{0{,}75 - 0{,}05}{1 + 0{,}82 * 1} = 0{,}434 = 43{,}4\%.$$

2. *Determinamos los valores de* Q_5, Q_2 y Q_3. Teniendo en cuenta que β_1 < 10%, efectuamos los cálculos por las fórmulas (1.31)
3.). De antemano designamos la carga circulante c_l = 300% (Tomamos en consideración el gran desagüe y la unión por gravedad):

$Q_5 = Q_1 c_l$ = 200 * 3 = 600 t/h;

$Q_2 = Q_3 = Q_1 + Q_5$ = 200 + 600 =800 t/h.

3. *Determinamos por las fórmulas (1.49)* los valores de $Q_{8'}$, $Q_{7'}$, $Q_{7''}$, Q_8, Q_9 y Q_6. En la tabla 6, hallamos previamente que $\beta^{/}_4$ = 26,5% y $\beta^{/}_7$ = 53%.

$$Q_{8'} = Q_7'' = Q_1 \frac{R_7 (\beta_7' - \beta_4')}{\beta_7' (R_7 - R_8)} = 200 \frac{2{,}6(0{,}53 - 0{,}265)}{0{,}53(2{,}6 - 0{,}4)} = 118 t/h;$$

$Q_{7'} = Q_1 - Q_{8'}$ = 200 – 118 =82 t/h.

4. *De acuerdo con las fórmulas (1.50) determinamos los valores de* $Q_{8''}$, Q_8, Q_9 y Q_6. De antemano designamos la carga circulante en la segunda etapa de trituración c_{II} = 300% (tomamos en cuenta la trituración fina y el transporte con bombas):

$Q_{8''} = Q_8^{/} c_{II} = 118*3 = 354$ t/h;

$Q_8 = Q_9 = Q_8^{/} + Q_8^{/} = 118 + 354 = 472$ t/h;

$Q_6 = Q_1 + Q_9 = 200 + 472 = 672$ t/h.

Ejemplo 5. Para β_4=55% determinar el valor de *m*, con los valores de Q_1, β_1, β_7 y *k* del ejemplo 4.

Según la fórmula (1.54)

$$m = \frac{\beta_7 - \beta_4}{k(\beta_4 - \beta_1)} = \frac{0,75 - 0,55}{0,82(0,55 - 0,05)} = 0,5.$$

Así pues, para obtener en la primera etapa de trituración el desagüe del clasificador con un contenido de 55% de la clase – 0,074mm, siendo el contenido de esta clase en el producto final de la trituración igual al 75%, es preciso que el volumen de los molinos de la primera etapa sea dos veces mayor que el volumen de los molinos de la segunda etapa de trituración.

Ejemplo 6. Calcular el esquema *GC* (véase la fig. 21). Datos iniciales para el cálculo: Q_1=200 t/h; β_1=5%; β_4=β_{10}=β_{12}=65%; *m*=1; *k*=0,82; R_4=2,6; R_5=0,2 (en la primera etapa de trituración están instalados clasificadores espirales).

1. *Determinamos* β_3. Primero, por la fórmula (1.55), definimos el valor de $\beta^{/}_3$, para lo que en la tabla 6 hallamos que $\beta^{/}_4$=43,8 y elegimos la carga circulante c_I. Considerando que en la primera etapa de trituraciones instalan molinos de barras, que trabajan con menores cargas que los de bolas, elegimos c_I=150%.

$$\beta'_3 = \frac{\beta'_4(R_4 + c_I R_5)}{(1 + c_I)R_4} = \frac{0,438(2,6 + 1,5 * 0,2)}{(1 + 1,5)2,6} = 0,195 = 19,5\%.$$

En la tabla 6 hallamos β_3=33,2%.

4. *Determinamos* Q_6 *y* Q_4 por la fórmula (1.56)

$$Q_6 = \frac{Q_1 c_I km(\beta_4 - \beta_1)}{(1 + km)(1 + c_I)(\beta_4 - \beta_3)} = \frac{200 * 1,5 * 0,82 * 1(0,65 - 0,05)}{(1 + 0,82 * 1)(1 + 1,5)(0,65 - 0,332)} = 102 t/h;$$

Q_4=Q_1 - Q_6=200 – 102 =98*t/h*.

Según las fórmulas aproximadas (1.57) y (1.58) la masa del producto 6 será:

$$Q_6 = \frac{Q_1 km}{1+km} = \frac{200 * 0{,}82 * 1}{1 + 0{,}82 * 1} = 90 t/h;$$

$$Q_6 \approx \frac{Q_1 km}{1+km} * \frac{1-\beta_1/\beta_4}{1-R_5/R_4} = \frac{200 * 0{,}8 * 1}{1 + 0{,}82 * 1} * \frac{1 - 0{,}05/0{,}65}{1 - 0{,}2/0{,}26} = 90 t/h.$$

3. *Determinamos* Q_2, Q_3, Q_5, Q_7 y n.

$Q_5 = Q_4 c_I$ =98*1,5 = 147 t/h;

$Q_3 = Q_4 + Q_5$ = 98 + 147 = 245 t/h;

$Q_7 = Q_5 – Q_6$ = 147 – 102 t/h;

$n = Q_7 / Q_6$ = 45 : 102 = 0,44 = 44%.

La masa del producto 7 sustituye el 44% de la masa del producto 6, o bien 45 : 147 = 0,305 = 30,5% de la masa total de las arenas.

4. *Determinamos* Q_8, Q_9, Q_{10} y Q_{11}. El cálculo se lleva a cabo con la fórmula (1.37) cambiando los índices de los símbolos. De antemano elegimos la carga circulante óptima para la segunda etapa de trituración c_{II} = 300%.

$Q_{11} = Q_6 c_{II}$ = 102 * 3 = 306 t/h;

$Q_{10} = Q_6$ = 102 t/h;

$Q_8 = Q_9 = Q_6 + Q_{11}$ = 102 + 306 = 408 t/h.

Ejemplo 7. Con los datos iniciales del ejemplo 6, definir la masa de producto 6, si c_I = 250%.

1. *Determinamos* β_3. Haciendo uso de la fórmula (1.55) hallamos, previamente,

$$\beta_3 = \frac{\beta'_4 (R_4 + c_I R_5)}{(1 + c_I) R_4} = \frac{0{,}438(2{,}6 + 2{,}5 * 0{,}2)}{(1 + 2{,}5)2{,}6} = 0{,}149 = 14{,}9\%.$$

En la tabla 6, hallamos β_3 = 25,8%.

2. *Determinamos* Q_6 por la fórmula (1.56)

$$Q_6 = \frac{Q_1 c_I km(\beta_4 - \beta_1)}{(1+km)(1+c_I)(\beta_4 - \beta_3)} = \frac{200 * 2{,}5 * 0{,}82 * 1(0{,}65 - 0{,}05)}{(1 + 0{,}82 * 1)(1 + 2{,}5)(0{,}65 - 0{,}258)} = 98{,}5 t/h.$$

De la comparación con el ejemplo anterior, se desprende que al aumentar c_I el 100% de la masa del producto 6 varió 3,5 t/h o bien el 3,4%, es decir, la masa del producto 6 no depende, prácticamente, de la carga circulante en la primera etapa de trituración.

- **EJERCICIOS DEMOSTRATIVOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL TEMA # II Elección y Cálculo de las Máquinas transportadoras.**

Título: Determinación de los parámetros principales de un transportador de rastrillo.

Introducción.

Durante el cálculo de los transportadores de rastrillo, los datos iniciales son los mismos que para los transportadores de banda.

Como ya hemos dicho, los parámetros constructivos iniciales son el ancho, la altura del rastrillo que se determinan a partir de la relación existente entre la sección transversal del material y la capacidad, teniendo en consideración el coeficiente de llenado.

La altura del rastrillo es de 25 a 50 mm superior a la de la canal que se calcula según:

$$hc = \sqrt{\frac{Q}{3600 * K * V * C_3 * \Psi * \gamma}} \qquad \text{(m)}$$

El ancho de la canal se halla según:

Bc = K* hc

Este se ajusta a los anchos normalizados de los rastrillo, teniendo en cuenta las holguras recomendadas.

El resto de cálculo se realiza de forma similar a los casos anteriores.

Objetivos:

Que adquieran habilidades en el uso de las tablas y que aprendan la metodología de cálculo de estos transportadores.

Problema # 1

Determinar la altura del rastrillo para un transportador de 500 t/h de capacidad, que deberá transportar un carbón de piedra en polvo por una traza horizontal con un tamaño representativo $a^{/}$ igual a 0.1 mm.

Solución:

Primeramente se busca en la tabla 2.2 del libro “Máquinas de transporte continuo” las características de material (carbón de piedra en polvo), que se necesitan para la solución del problema. En este caso debemos tener en cuenta que la altura del canal se determina según la expresión

$$hc = \sqrt{\frac{Q}{3600 * K * V * C_3 * \Psi * \gamma}} \text{ (m)}$$

De la expresión se observa que necesitamos conocer el peso volumétrico γ, el cual varía de 6.5 a 8 kil/m^3, tomaremos $\gamma = 8kN/m^3$

El valore del coeficiente K varía de 2.4 a 4.0 para casos clasificados y nos da la relación entre las magnitudes Bc y hc, siendo Bc el ancho del canal. Asumimos inicialmente K = 2.5. (pág.171)

La velocidad de estos transportadores varía de 0.1 a 0.63 m/s. Asumimos V= 0.6 m/s

El coeficiente C_3 se toma por tabla en dependencia del ángulo de inclinación de transportador (Tabla 72 Pág. 176) C_3= 1

El coeficiente de llenado varia de 0.8 a 0.85 tomaremos $\Psi = 0.8$.

Por tanto

$$hc = \sqrt{\frac{500}{3600 * 2.5 * .06 * 1 * 0.8 * 8}}$$

$$hc = 0.12028m = 120mm$$

Pero la altura del rastrillo se toma 25%50 mm superior a hc por tanto

hr = hc + (25-50) mm = 120 + 25 = 145mm

Bc=K*hc

Bc=2.5 * 120 = 300 mm

Los valores de hc y Bc se encuentran normalizados por lo que según la tabla 37 se tiene que:

hc = 160 mm

Bc = 320 mm

Para estos valores normalizados K es igual a:

$$K = \frac{Bc}{hc} = \frac{320}{160} = 2$$

Se comprueba Bc por la condición:

Bc $\geqslant$ Km a$^{/}$

Donde Km varía de 5 a 7 (cantidad de cadena de tracción) para 1

Tomamos Km = 6

Bc $\geqslant$ 6*0.1 = 0.6 mm

Se cumple la condición por lo que los valores normalizados y calculados son correctos.

Se calcula la velocidad V para los valores elegidos y comprobados, que garantizan el traslado de la carga, según:

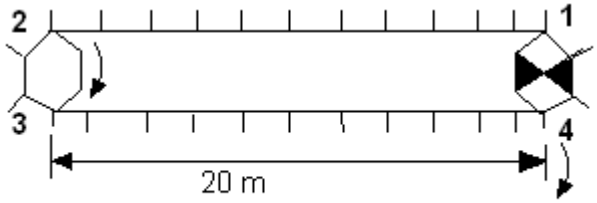
$$V = \frac{Q}{3600 * K * hc^2 * \gamma * C_3 * \Psi}$$

$$V = \frac{500}{3600 * 2 * (0.6)^2 * 8 * 1 * 0.8}$$

$$V = 0.4238 m/s$$

Problema # 2

Determine las resistencias para el transportador anterior si el esquema de transportación es la que se muestra en la figura y las cadenas poseen ruedas con cojinetes deslizantes



Esquema de transportador de rastrillo.

Solución:

$Wc' \cong 1.1 f_0 = 1.1 * 0.8 = 0.88$

$Wr' = 0.1 \div 0.13 \qquad Wr' = 0.1$

Por las características elegidas en el problema anterior podemos suponer que este transporte posee una cadena de tracción.

Peso lineal. Conjunto de la cadena y del rastrillo.

q_0 =Kq * q

Para una cadena Kq = 0,5 / 0,6.(Pág. 177) Tomemos Kq = 0,6

Peso lineal de la carga

$$q = \frac{Q}{3.6 * V} = \frac{500 kN/h}{3.6 * 0.42 m/s} = 330.68 kN/m$$

$$q_0 = 0.6 * 330.68 = 198.41 kN/m$$

$$q_0 = q_{rast} + q_c$$

$$W_{1-2} = (q_{rast} + q_c) * Lt(Wr' \cos\beta - sen\beta)$$

$$W_{1-2} = (198.41) * 20 * (0.1) = 396.82 kN$$

$$W_{2-3} = K * S_2$$

$$W_{3-4} = (q_0 + q) * Lt * (Wc' \cos\beta - sen\beta)$$

$$W_{3-4} = (529.09) * 20 * (0.88) = 9311.98 kN$$

Problema # 3

Determine las fuerzas de tensado para el transportado analizado y construya su diagrama.

Solución:

Smin varía de 1000 a 3000N. Tenemos que Smin = 3000N. El punto de menos tensado es el punto 1.

$S_1=S_{min}=3000N$

$S_2=S_1+W_{1-2}=3.000+396.82$ kN

$S_2=399.82$ kN

$S_3=K*S_2=1.04*399.82=415.8128$ kN

$S_4=S_3{}^{+}W_{3-4}=415.8128+9311.98$

$S_4=9727.79$ kN

Se debe verificar si en la zona de carga la fuerza de tensado es mayor que la fuerza mínima permisible, es decir

$S_3 \geqslant S_{min\ car}$=(19%20)W h/tc

Peso

$S_{min\ car}=f_0 * A_0 * \Psi * C_3 * h^{/} \gamma$

A_0=Bc*hc y $h^{/}$=0.8h para cargas granuladas y pulverizadas.

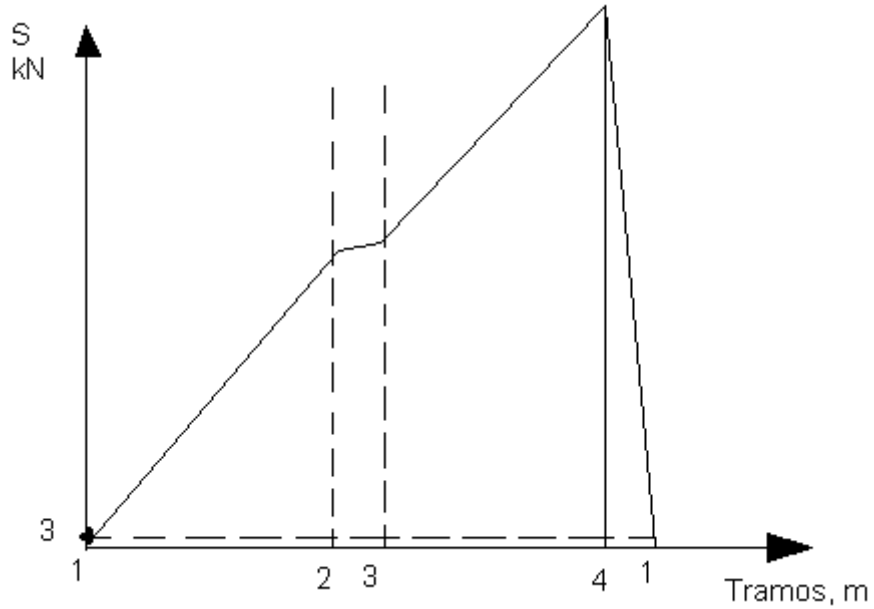
$S_{min\ car}=f_0 * Bc * hc * \Psi * C_3 * 0.8h * \gamma$

$S_{min\ car}= 0.8 * 0.32 * 0.16 * 0.8 * 1 * 0.8 * 0.185 * 8$

$S_{min\ car}= 0.0387968$

Por tanto $S_3 > S_{min\ car}$

Grafico de fuerzas de tensado.



Tema: Transportadores en órgano de tracción flexible.

Título: Determinación de los parámetros principales de un transportador de banda.

Determinar la potencia del transportador de banda mostrado en la figura.

Datos
W_{1-2}=363 N
qb=1100N/m
$\beta=10^{o}$
W_{4-5}=418 N
qr=125 kg/m=1226 N/m
$qr^{/}$=83 kg/m=814 N/m
Q=800 t/h
L=230 m
V=3,00 m/s
Q máx=630 mm
S_4=1,0453

$N=W_0 \cdot V \cdot kr /1000 \cdot \eta_t$

$Wvacia=W_{2-3}=(qb\ cos\beta_{2-3} + qr^{/})\ ώ\ L_{2-3} - qb\ sen\beta_{2-3}\ L_{2-3}$
$W_{2-3}=(1100 \cdot 0,98+814)0,03 \cdot 230 - 1100 \cdot 0,174 \cdot 230$
W_{2-3}= - 30967 N

$W_{5-6}=((qb+qc)cos\beta_{5-6}+qr)\ ώ\ L+(qb+qc)sen\beta_{5-6} \cdot L$
$W_{5-6}=((1100+727)0.98+1226)0,03 \cdot 230+ (1100+727)0,174 \cdot 230$
W_{5-6}=93931 N

S_1=?
$S_2=S_1+W_{1-2}$
$S_3= S_1+W_{1-2}+W_{2-3}$
$S_3=S_1+\Sigma W_{1-3}$
$S_4=1,04\ S_3$
$S_4=1,04(S_1+\Sigma W_{1-3})$
$S_5=S_4+W_{4-5}$
$S_5=1,04(S_1+\Sigma W_{1-3}) +W_{4-5}=1,04S_1+1,04(\Sigma W_{1-3}) +W_{4-5}$
$S_6=S_5+W_{5-6}=1,045+1,04(\Sigma W_{1-3}) +W_{4-5}+W_{5-6}$
$S_6=1,04S_1+1,04(363+(-30967)) +418+93931$
$S_6=1,04S_1+62521$ (1)
$S_6=e^{\mu ά}S_1$ (2)
μ – coef. De fricción entre la banda y el tambor
ά – ángulo de abrazado de la banda
Considerando $e^{\mu ά}$=3,02
$S_6=3,02S_1$
Igualando (1) y (2) obtenemos

$3,02S_1=1,04S_1+62521$
$3,02S_1-1,04S_1=62521$
$1,98S_1=62521$

S_1=31576 N
S_6=95360 N

$W_0=(S_6-S_1)$ +
W_0=(95360-31576) +0,05(95361+31576)
W_0=70131

$N=W_0 \cdot V \cdot kr /1000 \cdot \eta_t$
kr=1,15
η_t=0,94 coef. Rendimiento de la transmisión

N=257 kN

Tema: Transportadores en órgano de tracción flexible.

Título: Determinación de los parámetros principales de un transportador de tablillas.

Introducción

Durante el cálculo de transportadores de tablillas es necesario tener una serie de datos iniciales:

¿Cuales son estos datos iniciales?

1- Propiedades físico-mecánicos de la carga.
2- Productividad de la máquina.
3- Traza especial de recorrido de la carga.
4- Necesidades de carga y descarga.
5- Características del proceso tecnológico y exigencias de transportación.
6- Condiciones específica del medio.

A partir de estos datos hay que seleccionar las tablillas su ancho en función de si las tablillas tienen o no según expresiones respectivas:

$$B=\sqrt{\frac{Q}{900.v.\gamma.c_2 \tan\varphi d}+\left(\frac{2.h.\varphi}{c_2 \tan\varphi d}\right)^2}-\frac{2.h\varphi}{c_2 \tan\varphi d} \quad \text{(m)}$$

$$B=\sqrt{\frac{Q}{648.c_2 v\gamma \tan\varphi d}} \quad \text{(m)}$$

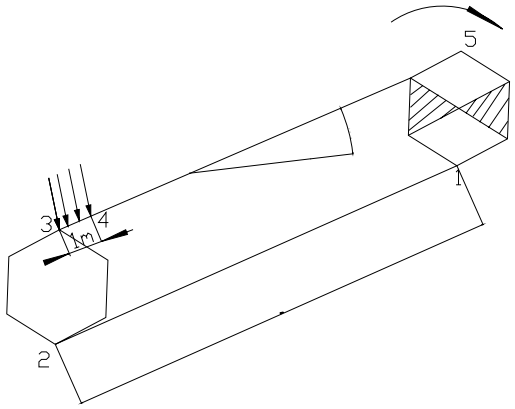
Luego de relaciona las tablillas se puede pasar al cálculo de las resistencias y los esfuerzos.

Objetivos

Que adquieran hábitos y habilidades en el uso de tablas en la metodología de cálculo y selección de los elementos del transportador de tablillas.

Problema: I

Calcule el ancho y seleccione el tipo de tablilla para un transportador de tablillas que transportará granitos en pedazos, con un tamaño máximo de 100mm, por una pendiente de 20^0, según se muestra en la figura y con una productividad de 2300 kN/h.



Solución

Determinamos las características del material según la tabla 2.2, Pág. 10-1111, obteniendo:

$\gamma = 14KN/m^3$

$\varphi = 30^0$

$\mu = 0.75$

Altamente abrasivo.

Como se está transportando un material a granel, las tablillas deben poseer guarderas, siendo estas móviles, onduladas y medianamente profundas según su productividad.

Comprobamos si es posible la temperatura con $\beta = 20^0$, según $\beta_{máx} = \arctan \mu - \theta$

Para tablillas onduladas $\theta = 3 - 5^0$ asumimos $\theta = 4^0$ ya que posee medianamente profundos; $\beta_{máx} = \arctan 0.75 - 4^0 = 36^0 53' - 4^0 = 32^0 53'$

Como $\beta < \beta_{\max}$ es factible la transportación en esas condiciones.

Para tener idea de la altura de las tablillas calculamos el ancho de las tablillas que se deberá tener según las condiciones de la carga.

Como la carga es no clasificada, entonces:

$B \geq 1.7.a_{\max} + 200mm$

$B \geq 1.7 \times (100) + 200 = 370mm$

Por tanto para un ancho standard (normalizado) de 400mm, la altura de la guardera deberá ser, según la tabla 6,1 de la pág 155, de 25mm, o sea que: h=0.125m

Asumamos una velocidad de 0,4m/s.

Tomamos un valor del coeficiente C_2 de la tabla 6.2 según las condiciones de $\beta = 20^0$ y posee la tablilla según esto C_2 =0.95

Asumimos que $\varphi = 0.7$ como las tablillas tienen bordes se aplica la expresión para determinar el ancho de las tablillas; es decir:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{900.v.\gamma.c_2.\tan\varphi d} + (\frac{2.h.\varphi}{c_2 \tan\varphi d})^2} - \frac{2.h.\varphi}{c_2 \tan\varphi d}$$

$$B = \sqrt{\frac{2300}{900.0,4.14.0,95.\tan(0,4.30^0)} + (\frac{2.0,125.0,7}{0,95\tan(0,4.30^0)})^2} - \frac{2.0,125.0,7}{0,95\tan(0,4.30^0)}$$

$$B = \sqrt{\frac{2300}{4788\tan(12^0)} + (\frac{0,175}{0,95\tan(12^0)})^2} - \frac{0,175}{0,95\tan(12^0)}$$

$$B = \sqrt{\frac{2300}{4788.0,21256} + \left(\frac{0,175}{0,95.0,21256}\right)^2} - \frac{0,175}{0,95.0,21256}$$

$$B = \sqrt{2,2599148 + 0,7510444} - 0,8666282$$

$$B = \sqrt{3,0109592} - 0,8666282 = 1,7352115 - 0,8666282$$

$$B = 0,8685833m$$

El ancho normado es B= 100mm

Recalculemos la velocidad:

$$v = \frac{Q}{3600.\left[0,25c_2.B^2.\tan\varphi d + B.h.\varphi\right].\gamma}$$

$$v = \frac{2300}{3600\left[0,25.0,95.(1)^2.0,125.0,7\right].14} = \frac{2300}{3600.(0,050483 + 0,0875).14}$$

$$v = \frac{2300}{14.496,7388} = 0,3307285m/s$$

Problema: 2

Calcule las resistencias a la marcha del transportador de tablillas de la figura anterior, si este trabaja en condiciones medias y posee cojinetes de rodamientos.

Solución

Determinemos el peso lineal de la carga y de las tablillas y calculemos:

$$q = \frac{Q}{3{,}6.v}$$

$$q = \frac{2300}{3{,}6.0{,}3307285}$$

$$q = 1931{,}7623 N/m$$

Como el material es pesado ya que $\gamma > 12 KN/m^3$, entonces las tablillas deberán ser del tipo pesado, para las cuales el factor A es igual a 2,5, según la tabla 6.3 de la pág 159, según B= 1m. Por tanto

q_0= 600 (B+A)

q_0= 600 (1+2.5)

q_0=2100 N/m

Según la tabla 6.5 de la pág 160, el coeficiente de resistencia es igual a 0,03 .

Las resistencias distribuidas son:

$$W_{1-2} = q_0 L_{1-2}(\cos\beta.\omega'' - sen\beta)$$

$$W_{1-2} = 2100.50.(0{,}93969.0{,}03 - 0{,}34202)$$

$$W_{1-2} = -32952{,}076 N$$

$$W_{3-4} = \frac{C.Q.(v - v_0)}{3{,}6.g}$$

$$W_{3-4} = \frac{1{,}4.2300.(0{,}3307285 - 0)}{3{,}6.9{,}81}$$

$$W_{3-4} = 30{,}154765 N$$

$$W_{4-5} = (q + q_0).L_{4-5}(\cos\beta.\omega'' + sen\beta)$$

$$W_{4-5} = (1931{,}7623 + 2100).49.(0{,}93969.0{,}03 + 0{,}34202)$$

$$W_{4-5} = 4031{,}7623.49.0{,}3702107 = 73137{,}474 N$$

El resto de las resistencias solo se calcularán después de calculados los esfuerzos en cada punto característico.

Problema: 3

Para el ejemplo dado anteriormente calcule los esfuerzos en cada punto característico de la figura.

Solución

Los esfuerzos se calculan según la expresión:

$$S_n = S_{n-1} + \sum_{n-1}^{n} W$$

Por tanto

S_2=S_1+$W_{1\text{-}2}$

$$S_3 = S_2 e^{\mu\alpha}$$
$$S_4 = S_3 = +W_{3-4}$$
$$S_5 = S_4 + W_{4-5}$$

Veamos cual es el punto de menos esfuerzo:

Si analizamos el gráfico nos daremos cuenta que el punto de menos esfuerzo es el punto 2. por tanto supongamos que S_2=1000N ya que conocemos que el menor esfuerzo varía de 1000 a 3000N

Por lo que

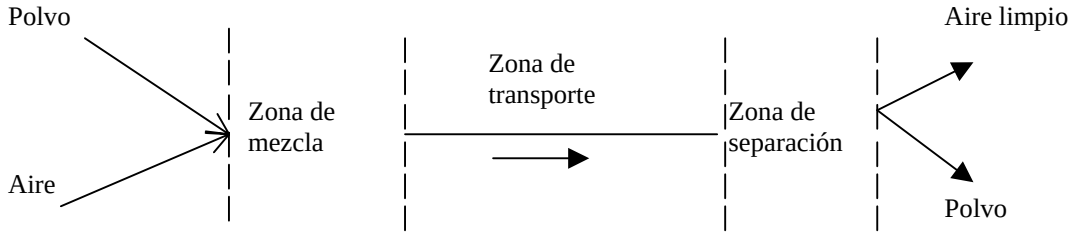
$$S_1 = S_2 - W_{1-2} = 1000 + 32952{,}076$$
$$S_1 = 33952{,}076N$$
$$S_3 = 1000.e^{0{,}03(3{,}14159)} = 1000.e^{0.0942477} = 1000.1{,}0989$$
$$S_3 = 1098{,}9N$$
$$S_4 = 1098{,}9 + 30{,}154765$$
$$S_4 = 1129{,}0547N$$
$$S_5 = S_4 + W_{4-5} = 1129{,}0547 + 73137{,}474$$
$$S_5 = 74266{,}528N$$

- **<u>EJERCICIOS DEMOSTRATIVOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL TEMA # III Elección y Cálculo de los transportadores neumáticos.</u>**

Cálculo verificativo de los sistemas de transporte neumático.

1. Metodología de cálculo empleada

Los sistemas de transporte neumático a presión pueden dividirse en tres zonas fundamentales como se muestra en la figura.



El análisis de cada una de estas zonas debe realizarse por separado, atendiendo a los principios de cálculos presentes en la literatura.

Determinación de la longitud de transportación reducida L_{red}

La longitud reducida se obtiene mediante la suma de la longitud geométrica del conductor y sus longitudes equivalentes.

La longitud equivalente de una resistencia local se asume como la resistencia en un tramo de tubería horizontal recta en la que las pérdidas de presión causada por el paso de la corriente de aire – material es igual a la que se produce por una resistencia local (concentrada) como son los codos, derivaciones, válvulas de dos vías entre otras.
Estas longitudes equivalentes dependen de las propiedades del material y de las dimensiones de los elementos que inducen estas resistencias locales. Como guía para el cálculo se dan los valores aproximados de estas resistencias basadas en los datos experimentales.

La longitud reducida se obtiene mediante la expresión:

$$L_{red} = \sum l_{hor} + \sum l_{ver} + \sum l_{eq.cod} + \sum l_{eq.val} \qquad (1)$$

donde:

$\sum l_{hor}$ = suma de las longitudes de los tramos horizontales.

$\sum l_{ver}$ = suma de las longitudes de los tramos verticales.

$\sum l_{eq.cod}$ = suma de las longitudes equivalentes por concepto de los codos.

$\sum l_{eq.val}$ = suma de las longitudes equivalentes por concepto de las válvulas.

La energía necesaria es la gastada en vencer las diversas resistencias que se oponen al flujo de polvo a través de la tubería transportadora.

Esta energía puede expresarse en función de la diferencia de presión de uno a otro extremo de la tubería, del área de la sección transversal de la tubería, y de la velocidad del aire.

La potencia consumida en la zona de transporte queda expresada por:

$$N = \frac{(P_1 - P_2) \times A \times V}{1000} \qquad [\text{ kW }] \qquad (2)$$

($P_1 - P_2$) = Diferencia de presión entre los extremos de la tubería transportadora expresada en [N/m^2]

A = Área de la sección transversal de la tubería [m^2]

V = Velocidad media del aire [m/s]

La potencia total que se necesita para el transporte se determina agregando al valor obtenido en la ecuación (1), las pérdidas de potencia que se produce en el compresor, la potencia consumida en introducir o sacar polvo de la tubería transportadora y las pérdidas que pudieran ocurrir por caída de presión a través de separadores ciclónicos y filtros en el extremo de descarga.

Resistencia al flujo

La diferencia de presión entre los extremos de la tubería transportadora($P_1 - P_2$), es la suma de presión ocasionadas por los componentes siguientes:

- Aceleración del polvo desde su estado de reposo
- Rozamiento en la tubería
- Cambios de dirección

Además es preciso tener en cuenta las fuerzas gravitacionales.

Aceleración del polvo desde el estado de reposo.

El polvo entra en el tubo a una velocidad aproximadamente igual a cero y es acelerado hasta la velocidad de transporte absorbiendo energía en el proceso. La fuerza necesaria para acelerar el polvo, expresada como diferencia de presión en la tubería queda dada por:

$$\left(P_1 - P_2\right)_A = F_1 \times \frac{V^2 \times \mu_{mez} \times g}{2g} = F_1 \times \frac{V^2 \times \mu_{mez}}{2} \qquad [\ N/m^2\ ] \qquad (3)$$

Donde:

$(P_1 - P_2)_A$ = Diferencia de presión debido a la aceleración [N/m^2]

μ_{mez} = Concentración de la mezcla [$kg./m^3$]

g = Aceleración de la gravedad [m/s^2]

μ_{mez} = (Peso del aire + Peso del polvo)/(Volumen del aire + Volumen del polvo)

Generalmente, el peso del aire es pequeño comparado con el del polvo, y el volumen del polvo es pequeño en comparación con el del aire. En la mayoría de los sistemas de transporte de polvos, estas diferencias son tan grandes que puede despreciarse el peso del aire, y el volumen del polvo a fin de simplificar la estimación de μ_{mez}.

El valor del coeficiente F_1 varía según el diseño de los dispositivos de alimentación de polvo y es necesario determinarlo experimentalmente. Según experimentos realizados este se encuentra entre 2 y 3, para los cálculos en este trabajo se utiliza el valor de 2,5.

Rozamiento en la tubería

Una vez que el polvo ha sido acelerado, es transportado a través de la tubería a velocidad relativamente constante y produce un rozamiento que puede expresarse como una diferencia de presión. Sin embargo no es fácil deducir una fórmula racional que sea aplicable a toda la gama de operaciones. Dicha fórmula incluiría muchas variables que son difíciles de separar y medir experimentalmente.

El comportamiento del polvo transportado reumáticamente por tuberías varía considerablemente. En un caso extremo, una masa fluidizada, de un tipo que mantenga persistentemente su fluidez, se moverá lentamente como un todo más o menos homogéneo. En el otro caso extremo gránulos grandes tales como las de carbón menudo, o el trigo, pueden ser acarreados solo por volúmenes relativamente grandes de aire en rápido movimiento (especialmente en tuberías horizontales). Una partícula es obligada a avanzar debido al arrastre aerodinámico y se desplaza a menor velocidad que el aire de acarreo. Por acción de la gravedad se hunde constantemente hasta la superficie inferior de la tubería en donde la frena el rozamiento con dicha superficie y nuevamente es acelerada por el arrastre aerodinámico. El gránulo esta también sujeto a cavitaciones aleatorias que pueden retardarlo o acelerarlo con respecto a la dirección del transporte. En un tubo vertical la tendencia a desviarse hacia las paredes es menos pronunciada, pero subsiste, debido al movimiento turbulento del aire. Entre estos dos tipos extremos de movimiento hay una zona intermedia en la cual los aspectos característicos de ambos tipos ocurren en dichas proporciones.

Un parámetro obvio, cuya influencia en la diferencia de presión es notaria, es la velocidad del aire de acarreo en la tubería, y otro es la densidad de la mezcla aire/polvo. Utilizándose la siguiente expresión:

$$(P_1 - P_2)_c = \frac{F_2 \times L \times V^2 \times \mu_{mez}}{2 \times D} \qquad [\ N/m^2\ ] \qquad (4)$$

Donde:

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interior de la tubería (m)

$(P_1 - P_2)_c$ = Diferencia de presión, debido al rozamiento en los paredes de la tubería [N/m^2]

Para tuberías de más de 30 metros de longitud y en los cuales las altas velocidades ocasionarían una erosión inadmisible, es conveniente aumentar progresivamente el diámetro de las secciones. Esto se hace normalmente por cada tercio de longitud de la tubería.

En el coeficiente F_2 se incluyen una cantidad de variables indeterminadas y varía ampliamente para diferentes materiales, tamaños de partículas, proporciones aire/polvo condiciones de la pared de la tubería y velocidades de aire. No obstante, para un determinado tipo de polvo se ajusta a una configuración definida dentro de un campo bastante amplio de variaciones de la proporción aire/polvo transportado y tamaño de tubería.

Los valores de F_2 se encuentran tabulados para diferentes materiales en función de la velocidad del aire de transporte.

Cambios de dirección

Los codos producen una resistencia adicional, y las pérdidas en codos puede expresarse como función de la altura dinámica, por lo tanto:

$$\text{Pérdidas en los codos} = F_3 \times \frac{V^2}{2} \times \mu_{mez} \times N \qquad (5)$$

Donde:

N = número de codos de ángulo recto

Los valores de F_3 Aparecen tabulados en la literatura en función de la relación radio de curvatura /ϕ tubería.

Siempre que sea posible deberían usarse codos de gran radio de curvatura (con una razón mínima de 6:1) a fin de reducir las perdidas y evitar el riesgo de embotellamiento.

Para facilitar el cálculo, la pérdida en un codo puede expresarse como una longitud adicional de tubería, equivalente. Si se prefiere en esta forma, la relación se transforma en:

$$L_3 = \frac{F_3 \times D}{F_2} \qquad (6)$$

Fuerzas Gravitacionales

Siempre que el polvo tenga que ser elevado durante su recorrido hasta el punto de descarga, esto exigirá una cantidad neta de energía que puede ser expresada por la fórmula:

$$E_G = Q \times H \times g \qquad [W] \qquad (7)$$

Donde:

Q = Cantidad de material transportado [kg/s]

H = Altura de elevación vertical [m]

g = Aceleración de la gravedad [m/s^2]

Dado que.

$$E_G = \left(P_1 - P_2\right)_G \times A \times V$$

$$\left(P_1 - P_2\right)_G = \frac{W \times H \times g}{A \times V} = \mu_{mez} \times H \times g \qquad (8)$$

Al aplicar ($P_1 - P_2)_6$ Es necesario tener en cuenta que para fluidos homogéneos representa la verdadera diferencia de presión debido a la gravedad. No obstante cuando un polvo en suspensión esta siendo levantado por una corriente de aire, la velocidad del polvo es menor que la del aire debido al "resbalamiento". En consecuencia, la verdadera densidad de la mezcla aire/polvo es mayor que la calculada a partir de la relación arriba anotada y la verdadera diferencia de presión debido a la gravedad es mayor que $(P_1 - P_2)_G$ por un factor de resbalamiento que varía según las condiciones, pero que puede fluctuar entre 1.1 y 1.5 en sistemas normales. Este factor de resbalamiento no debe usarse al estimar la caída total equivalente de presión en la tubería transportadora para su aplicación en la fórmula de potencia dada (Ec.12), puesto que dicha fórmula se refiere a la velocidad del polvo. El factor de "resbalamiento" es de hecho un efecto de rozamiento que se toma en consideración en la fórmula de la presión, estando incluido en el factor de rozamiento F_1.

Resistencia total en la zona de transporte.

Los efectos totales de los componentes mencionados bajo ¨ resistencia al flujo ¨ dan la resistencia total o la diferencia de presión en la zona de transporte. Esta diferencia de presión, junto con la debida tolerancia correspondiente a las fuerzas gravitacionales, puede expresarse como sigue:

$$P_1 - P_2 = \mu_{mez} \times \left[\frac{V^2}{2 \times g} \left(F_1 + \frac{L \times F_2}{D} + F_3 \times N \right) + H \times G \right] \quad (9)$$

La velocidad de transporte no debe ser excesiva por razones de economía de potencia, disminución del desgaste abrasivo de tuberías (especialmente en los codos) y en algunos casos, para disminuir el deterioro del polvo causado por impactos.

El tamaño, densidad y forma de las partículas, y tal vez otros factores menos obvios afectan la mínima velocidad segura de transporte de materiales similares. Al proyectar es conveniente usar una velocidad por lo menos 50 por ciento mayor que el valor conocido de la mínima velocidad segura de transporte horizontal. Esta se determina experimentalmente, en la literatura aparecen relaciones empíricas y valores tabulados para las casos en que se desconozca el valor de la velocidad mínima para el material analizado.

Relación polvo / aire

La elección de la proporción entre polvo transportado y aire, y por lo tanto, del valor de μ_{mez}, la determinan principalmente razones económicas. Un valor elevado ayuda a mantener pequeño el tamaño de la tubería transportadora, pero a su vez aumenta el valor de ($P_1 - P_2$), se limita en la práctica a alrededor de 0,56 kgf/cm^2, valores superiores suponen grandes volúmenes en el extremo aspirador del sistema, encareciendo la bomba de vacío y la tubería. En un sistema de transporte por presión con alimentación continua de polvo ($P_1 - P_2$), se limita por lo general a 0,7 kgf/cm^2, aproximadamente debido a lo difícil que resulta proyectar un sistema de alimentación sencillo y barato, aunque para mayores diferencias de presión se dispone de alimentadores especiales. Al elegir un sistema discontinuo estas limitaciones desaparecen y es económico trabajar con presiones bastante grandes hasta de 7 kgf/cm^2 y aún mayores.

En el transporte de tipo aerodinámico, existe un límite superior para la relación polvo /aire para cualquier material determinado. Si se sobrepasa este valor, puede ocurrir una obturación en la tubería, particularmente en los codos.

Métodos para calcular las condiciones en la tubería.

Existen varias maneras de usar las expresiones anteriores para estimar la caída de presión ($P_1 - P_2$), pero un procedimiento practicable es el siguiente.

En un sistema a presión, la presión de referencia se fija en el extremo por donde se descarga el polvo, donde la presión de salida es la atmosférica. A esta presión de referencia debe agregarse la caída de presión conocida o supuesta en la zona de separación. Esto dará una P_2 determinada. En un sistema de aspiración, la presión atmosférica de referencia se sitúa en el extremo de entrada del polvo. Puede haber cierta resistencia artificial debido a un filtro de aire, válvulas y conductos de distribución de aire, o a un contador de aire. Es preciso verificar o suponer la caída de presión debido a dichas resistencias y restarlas de la presión atmosférica. Esto dará una P_1 determinada. El resto del procedimiento es el mismo para los sistemas de presión o de vacío.

Los valores de V y de μ_{mez} pueden obtenerse a partir del conocimiento de sistemas para transportar el mismo polvo. Si no se dispone de tal conocimiento deben entonces, buscarse en tablas o calcularse por las relaciones empíricas que aparecen en la literatura, pero teniendo en cuenta las consideraciones expuestas bajo "velocidades de transporte, relación polvo transportado/aire" de los acápites anteriores. Luego debe verificarse el diámetro de la tubería el cual puede calcularse a partir de la densidad de la mezcla polvo/aire, de la velocidad del aire de transporte y del gasto de polvo. La relación correspondiente es:

$$V = \frac{Gm}{\rho_{mez} \times \frac{\pi}{4} \times D^2} \qquad (10)$$

Donde

Gm = Cantidad de material transportado (kg/s)

ρ_{mez} - densidad de la mezcla (kg/m^3)

V - (m/s)

Sustituyendo

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Gm}{\pi \times \rho_{mez} \times V}} \qquad \text{(m)} \qquad (11)$$

Quizás sea necesario corregir algo el resultado para ajustarlo a los diámetros normales de la tubería. Para asegurarse un proyecto conveniente es aconsejable corregir V hacia arriba y D hacia abajo. Luego se suponen unos valores para F_1, F_2 Y F_3. Estos valores deben fundarse en un conocimiento previo o bien tomarse de los valores sugeridos en

los textos, posteriormente con los valores de altura (H) y longitud (L) se calcula($P_1 - P_2$).

2 - Cálculo verificativo de las instalaciones de transporte neumático desde la sección de secaderos hasta las tolvas de producto final de los molinos (sistema A).

Según datos tabulados la velocidad crítica del mineral laterítico con granulometría promedio de 74μm se puede asumir igual a 12m/s, aplicándole un margen de seguridad del 50% se obtiene la velocidad mínima de transporte.

$$V = V_c \times 1.5 = 12m/s \times 1.5 = 18m/s$$

Cálculo de la longitud de transporte reducida.

La longitud reducida se obtiene mediante la suma de la longitud geométrica del conductor y sus longitudes equivalentes.

La longitud equivalente de una resistencia local se asume como la resistencia de un tramo de tubería horizontal recta en la que las pérdidas de presión causadas por el paso de la corriente de aire - material es igual a la que se produce por una resistencia local como son, codos, derivaciones, válvulas, etc. Estas longitudes equivalentes dependen de las propiedades del material y de las dimensiones de los elementos que inducen estas resistencias locales.

Como guía para el cálculo se dan los valores aproximados de estas resistencias basadas en los datos experimentales.

Lred= $\sum$Lhor +$\sum$Lvert + $\sum$Leq.cod + $\sum$Leq.val

$\sum$Lhor = Suma de las longitudes de los tramos horizontales

$\sum$Lvert =Suma de las longitudes de los tramos verticales

$\sum$Leq.cod =Suma de las longitudes equivalentes por concepto de codos

$\sum$Leq.val =Suma de las longitudes equivalentes por concepto de válvulas.

Valores

$\sum$Lhor =351m

$\sum$Lvert = 12m

$\sum$Leq.cod = 10x 7codos = 70m

$\sum$Leq.val = 0 (para válvulas de cuña)

Lred = 350 m+12m+70m =433m

Con el valor de Lred en la Fig. 118 Pág. 212 del Oriol Guerra se busca el valor aproximado de la concentración de la mezcla polvo aire

μ_{mez} = 33 kgmat/ m^3aire

Cálculo del diámetro interior de la tubería a partir de la ecuación (11)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Gm}{\pi \times \mu_{mez} \times V}}$$

$$Gm = 100t/h = 27.8kg/s$$

$$\mu_{mez} = 33kg/m^3$$

$$V = 18m/s$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 27.8}{3.14 \times 33 \times 18}}$$

D = 244 mm

Este diámetro se puede estandarizar según norma a D = 250mm

Ajuste de la concentración de la mezcla para el nuevo valor del diámetro

$$\mu_{mez} \times V = \frac{4 \times G_m}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 27.8}{3.14 \times 0.25} = 566.6$$

$$\mu_{mez} = \frac{566.6}{V} = \frac{566.6}{18} = 31.5kg.mat/m^3aire$$

$$\mu_{mez} = 31.5kg.mat/m^3aire$$

Calculo de las pérdidas de carga

$$(P_1 - P_2) = \mu_{mez}\left\{\frac{V^2}{2}\left(F_1 + \frac{L \times F_2}{D} + F_3 \times N\right) + H \times g\right\}$$

Coeficientes

F_1= 2.5

F_2=0.03 (valor para V = 18m/s; tomada de la Fig. 3.31 Pág. 60. Palop 1980)

F_3= 0.5 para $\frac{R}{d} \geq 6$; (tomada de la tabla 4. Palop 1980)

$$(P_1 - P_2) = 31.5 \times \left\{\frac{(18)^2}{2} \times \left(2.5 + \frac{363 \times 0.03}{0.250} + 0.5 \times 7\right) + 12 \times 9.81\right\}$$

$$(P_1 - P_2) = 256613 \, N/m^2$$

$$(P_1 - P_2) = 2.566kgf/cm^2$$

Cálculo de la presión a la salida del compresor (Ps)

$P_1 - P_2 = 2.566 kgf / cm^2$

$P_1 = 2.566 + 1.033$

$P_1 = 3.566 kgf / cm^3$

$P_S = P_1 \times \alpha + P_{per}$

Donde

α = 1.15 – 1.25

P_{per} = 0.3 kgf/cm^2

P_S = 3.599 $\times$ 1.17+0.3

P_S = 4.51 kgf/cm^2

Consumo de potencia en el eje

$$Ne = \frac{(Ps - P_2) \times \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \times V}{1000} = \frac{(451000 - 103300) \times \left(\frac{3.14 \times (0.250)^2}{4}\right) \times 18}{1000}$$

$Ne = 307 KW$

Cálculo del consumo de potencia del motor

$$Nm = \frac{Ne}{\eta_{tr} \times \eta_{pol} \times \eta_m}$$

Nm = 436 kW

Donde:

η_{tr} = 0.9 (Rendimiento de la transmisión por engranaje)

η_{pol} = 0.85 (Rendimiento que tiene en cuenta el trabajo politrópico del compresor).

η_m=0.92 (Rendimiento del motor electrico).

La constante 1.69 tiene en cuenta la diferencia entre el trabajo isentrópico (trabajo teórico) y el trabajo politrópico (trabajo real).

Calculo del consumo de aire de la instalación

$$Gaire = \frac{Gm}{\mu_{mez}} = \frac{100000 Kgmat / h}{31.5 Kgmat / m^3 aire}$$

$Gaire = 317.7 m^3 aire / h$

$gaire = 0.88 m^3 / s$

.3 - Cálculo verificativo de las instalaciones de transporte neumático desde las tolvas de producto final de los molinos hasta los silos (sistema B).

Este sistema esta formado por dos grupos de bombeos con tres bombas modelo TA-36; cada una tiene 6 líneas de transporte con diámetro interior de 250mm y 9 válvulas desviadoras del mismo diámetro.

Principales características de estas líneas de transporte

Longitud horizontal de tubería = 278 m

Longitud vertical de tubería = 44 m

Número de codos en cada línea = 7

Número de válvulas = 9

Cálculo de la longitud de transporte reducida

$$Lred = \sum Lhor + \sum Lvert + \sum Leq_{cod}$$

$$Lred = 278 + 44 + 10 \times 7$$

$$Lred = 392m$$

Con el valor de Lred en la fig. 118 Pág. 212 (Oriol Guerra 1986) se busca el valor aproximado de la concentración de la mezcla polvo aire.

$$\mu_{mez} = 31{,}7Kgf\ /\ m^3 aire$$

Cálculo del diámetro interior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Gm}{\pi \times \mu_{mez} \times V}}$$

$$Gm = 100t/h = 27.8kg/s$$

$$\mu_{mez} = 31.7kg/m^3$$

$$V = 18m/s$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 27.8}{3.14 \times 33 \times 18}}$$

$$D = 249mm$$

Se puede estandarizar a 250mm según normas.

Ajuste de la concentración de la mezcla para el nuevo valor del diámetro interior de la tubería

$$\mu_{mez} \times V = \frac{4 \times G_m}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 27.8}{3.14 \times 0.25} = 566.6$$

$$\mu_{mez} = \frac{566.6}{V} = \frac{566.6}{18} = 31.5 kg.mat / m^3 aire$$

$$\mu_{mez} = 31.5 kg.mat / m^3 aire$$

Cálculo de las pérdidas de carga

$$(P_1 - P_2) = \mu_{mez} \times \left\{ \frac{V^2}{2} \left(F_1 + \frac{L \times F_2}{D} + F_3 \times N \right) + H \times g \right\}$$

Parámetros de la ecuación

F_1= 2.5

F_2 = 0.03 (valor para V = 18 m/s; tomada de la fig 3.31 Pág. 60 (Palop, 1980)

F_3 = 0.5 para $\frac{R}{d} \geq 6$; tomada de la tabla 4 pag 61 (Palop, 1980)

L = 322 m (Longitud total de la tubería)

H = 44m (Altura de elevación del mineral)

N = 7 (Número de codos)

$$(P_1 - P_2) = 31.5 \left\{ \frac{(18)^2}{2} \times \left(2.5 + \frac{322 \times 0.03}{0.250} + 0.5 \times 7 \right) + 44 \times 9.81 \right\}$$

$$(P_1 - P_2) = 241395 \, N/m^2$$

$$(P_1 - P_2) = 3.414 kgf / cm^2$$

Presión absoluta a la entrada del sistema

$$(P_1 - P_2) = 2.414 kgf / cm^2$$

$$P_1 = 2.414 + 1.033$$

$$P_1 = 3.447 kgf / cm^2$$

Presión a la salida del compresor

$$P_s = P_1 \times \alpha + P_{per}$$

$$\alpha = 1.17$$

$$P_{per} = 0.3 Kgf / cm^2$$

$$Ps = 3.447 \times 1.17 + 0.3$$

$$Ps = 4.333 Kgf / cm^2$$

Consumo de potencia en el eje

$$Ne = \frac{(Ps - P_2) \times \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \times V}{1000} = \frac{(433300 - 103300) \times \left(\frac{3.14 \times (0.250)^2}{4}\right) \times 18}{1000}$$

$$Ne = 292KW$$

$$Nm = \frac{Ne}{\eta_{tr} \times \eta_{pol} \times \eta_m}$$

Nm = 415 kW

4 - Calculo verificativo del transporte neumático desde los silos hasta las tolvas de alimentación de los hornos (sistema C) .

∑Lhor =225m

∑Lvert = 12m

∑Leq.cod = 10x 8codos = 80m

V = 18 m/s

Aplicando la metodología utilizada en los sistemas Ay B se obtiene:

Lred =317 m

Para este valor de Lred μmez = 32.5kgmat/ m^3aire

Diámetro de la tubería

D =246mm

Este diámetro se puede estandarizar según normas

D =250 mm

Ajuste de la concentración de la mezcla para el nuevo valor del diámetro

μ_{mez}*V = 566.6

μ_{mez} = 31.5kgmat/ m^3aire

Cálculo de las pérdidas de carga

(P_1-P_2)= 1.82Kgf/cm^2

Presión absoluta a la entrada del sistema

P_s =3.64Kgf/cm^2

Consumo de potencia en el eje y el motor

Ne =230KW

Nm= 327 kW

5 - Análisis de los resultados

Tabla.1. Resumen de los resultados obtenidos para los tres sistemas a partir de los cálculos realizados.

Parámetros y dimensiones	Sistema A	Sistema B	Sistema C
Velocidad de transporte	18m/s	18m/s	18m/s
Longitud de transporte reducida	433m	392m	317m
Concentración de la mezcla	31.5kgmat/ m^3aire	31.5 kgmat/ m^3aire	31.5 kgmat/ m^3aire
Diámetro interior de la tubería	250 mm	250 mm	250 mm
Caída de presión en el sistema	2.566x 10^5pa	2.414x 10^5pa	1.82x 10^5pa
Presión a la entrada del sistema	3.599x 10^5pa	3.447x 10^5pa	2.853x 10^5pa
Presión a la salida del compresor	4.51x 10^5pa	4.333x 10^5pa	3.64x 10^5pa
Consumo de potencia en el eje	307kW	292 kW	230 kW
Consumo de potencia del motor	436kW	415kW	327kW
Cantidad de material transportado para cada sistema	176 t/h	440 t/h	440 t/h
Consumo de aire necesario para el transporte a la concentración señalada	5587 m^3/h	13968m^3/h	13968 m^3/h

Tabla.2 Parámetros actuales de trabajo de los sistemas de transporte neumático analizados.

Parámetros y dimensiones	**Sistema A**	**Sistema B**	**Sistema C**
Velocidad de transporte	27.84 m/s	27.84 m/s	27.84 m/s
Longitud de transporte reducida	433 m	392 m	317 m
Concentración de la mezcla	15.9 kgmat/ m^3aire	14.9kgmat/ m^3aire	14.9 kgmat/ m^3aire
Diámetro interior de la tubería	250 mm	250 mm	250 mm
Presión a la entrada del sistema	2.5x 10^5pa	2.5x 10^5pa	2.5x 10^5pa

del sistema			
Presión a la salida del compresor	2.8x 10^5pa	2.8x 10^5pa	2.8x 10^5pa
Consumo de potencia para mover el aire.	6800kW		
Consumo de potencia para accionar el sin fín	480 kW	960 kW	960 kW
Cantidad de material transportado	176 t/h	440 t/h	440 t/h
Consumo de aire para la concentración dada	11069 m^3/h	27673 m^3/h	27673 m^3/h

En las tablas mostradas se observa que para transportar las 1056 t/h se utilizan como promedio 15 sistemas independientes de transporte neumático con un consumo de potencia de 9200 kW. El consumo de aire es de 66415 m^3/h realizándose el transporte a una concentración de 15,9 kgmat./m^3aire.

A partir de los cálculos verificativos realizados se pudo comprobar que con el incremento de la concentración hasta valores adecuados según la literatura consultada y con una mejor organización de los sistemas de transporte neumático en cuanto a:

- Descentralización del aire utilizado en cada sistema
- Completamiento de la instrumentación necesaria
- Sustitución de los codos de radios cortos existentes
- Incremento de la concentración con el empleo de alimentadores adecuados.

Es posible lograr un considerable ahorro de energía en estos sistemas

El consumo de potencia para cada uno de los sistemas de transporte neumático se comportaría de la siguiente forma.

Sistema A: 872 kW (para transportar 176 t/h)

Sistema B: 1826 kW (para transportar 440 t/h)

Sistema C: 1439 kW (para transportar 440 t/h)

El consumo total de potencia es de 4137 kW y el consumo de aire es de 33523 m^3/h, muy por debajo de los consumos actuales de las instalaciones estudiadas (6800 kW y 66415 m^3/h.

- **EJERCICIOS DEMOSTRATIVOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL TEMA # IV Transporte de fluidos no newtonianos.**

Soluciones a problemas de flujo con suspensiones no newtonianas.

En la práctica se suele encontrar tres tipos de problemas de flujo, para los cuales se requiere una solución. Estos pueden ser clasificados como: (a) Pérdidas por fricción desconocidas; (b) Flujo volumétrico o másico desconocido; (c) Diámetro del tubo desconocido. Cada uno de estos tipos de problemas puede encontrar solución aplicando el balance de energía mecánica junto con las relaciones apropiadas para el factor de fricción de Fanning de acuerdo con el modelo reológico ajustado. A continuación se explicará como proceder en cada caso. El procedimiento a seguir es independiente de si el régimen de flujo es laminar o turbulento.

Dado el hecho de que las suspensiones de laterita cruda se comportan como plásticos Bingham, las ilustraciones se harán para este tipo de fluido.

Fuerza impulsora (pérdidas por fricción) desconocida.

Para el cálculo de ΣF se aplica la ecuación (4.36). Ello requiere conocer el valor del factor de fricción de Fanning.

Para los fluidos plásticos Bingham las propiedades de flujo son τ_B, μ_p y ρ. Los números adimensionales apropiados, tal como ya se ha visto en el epígrafe 4.7.3.1, son los números de Reynolds y de Hedstrom, los cuales pueden ser calculados, y utilizando la ecuación (4.48) o la figura 77 se determina el valor de f directamente.

El procedimiento a seguir es similar para los fluidos newtonianos y seudoplásticos.

Flujo volumétrico desconocido.

En esta situación se requiere conocer el valor de ΣF. Para los plásticos Bingham se conocen, además, los valores de τ_B y μ_p. Las variables adimensionales características son f, Re y He. Es necesario combinar estas variables adimensionales para que la variable de flujo volumétrico, Q, aparezca solamente en uno de los grupos adimensionales, por ejemplo el Re:

$$\mathrm{Re} = \frac{4Q\rho}{\pi D\mu_p} \quad ; \quad \mathrm{He} = \frac{D^2\rho\tau_o g_c}{\mu_p^2} \quad ; \quad f\,\mathrm{Re}^2 = \frac{\left(\sum F\right)\rho^2 D^3 g_c}{2L\mu_p^2} \qquad (4.56)$$

Los grupos adimensionales de He y fRe^2 pueden ser calculados. Luego, puede seguirse el siguiente procedimiento interativo: se supone un valor de f (por ejemplo; 0,005), se calcula $\mathrm{Re} = \sqrt{f\,\mathrm{Re}^2 / f}$ *. Este valor de Re se usa para calcular f con la ecuación (4.23), y la operación se repite hasta alcanzar la concordancia debida. También puede utilizarse el gráfico de la figura 78 directamente.*

Diámetro desconocido (para plásticos Bingham).

Al igual que en el caso anterior, las variables adimensionales importantes son f, Re y He, las cuales se combinan para dar un conjunto de grupos adimensionales en el que la variable diámetro desconocida se encuentre solo en uno de los grupos; por ejemplo, el Reynolds:

$$\mathrm{Re} = \frac{4Q\rho}{\pi D \mu_p} \quad ; \quad f\,\mathrm{Re}^5 = \frac{32\left(\sum F\right)Q^3\rho^5 g_c}{L\pi^3\mu_p^5} \quad ; \quad \mathrm{Re}^2\,\mathrm{He} = \frac{16\,Q^2\rho^2\tau_o g_c}{\pi^2\mu_p^4} \qquad (4.57)$$

Los grupos fRe^5 y Re^{2}He son calculados con los datos disponibles, y Re(D) es determinado. Un procedimiento puede ser usado: primero se supone un valor de f (por ejemplo; 0,005); se calcula el Re a partir de $\mathrm{Re} = \left(f\,\mathrm{Re}/f\right)^{1/5}$, y con este valor se determina f por la ecuación (4.48). La operación se repite hasta lograr la concordancia con los valores de f. También puede usarse la figura 79 para hallar el diámetro directamente.

Potencia de bomba instalada.

Otro problema que suele presentarse es la evaluación del sistema de bombeo. En estos casos se requiere comprobar si la potencia de la bomba instalada es la adecuada. Para ello es necesario aplicar al sistema completo la ecuación (4.26) del balance de energía mecánica.

En dicha ecuación surgen dos incógnitas: ($-W_s$) y ΣF. El término ΣF se determina por el procedimiento explicado en el epígrafe 4.8.1, y de la ecuación del balance de energía mecánica se obtiene ($-W_s$).

Si ($-W_s$) es el gasto de energía (o trabajo de la bomba) por unidad de masa del fluido; la potencia tomada por el fluido es:

$$N = (-W_s)Q_m = (-W_s)\rho Q \qquad (4.58)$$

Donde Q_m es el flujo másico.

Pero, toda la energía que recibe el equipo impulsor no pasa al fluido puesto que siempre hay pérdidas provocadas por el rozamiento de las partes metálicas en movimiento y por el propio movimiento del fluido dentro de la bomba. El equipo impulsor, a su vez, necesita un motor que le suministre la potencia requerida. La potencia del motor es N', por lo que la eficiencia del sistema completo es:

$$\xi = \frac{N}{N'} \qquad (4.59)$$

denominada eficiencia motor – impulsor. Por tanto,

$$N' = \frac{(-W_s)Q_m}{\xi} \qquad (4.60)$$

Teniendo en cuenta la reserva para las posibles sobrecargas, el motor se instala con una potencia algo mayor N_i que la potencia consumida N', es decir,

$$N_i = \beta_i N' \qquad (4.61)$$

El coeficiente β_i se toma en dependencia de N', según la tabla siguiente:

N', kW	β_i	N', kW	β_i
50	1,1	50	1,1
5 – 50	1,15 – 1,2	5 – 50	1,15 – 1,2
1 – 5	1,2 – 1,5	1 – 5	1,2 – 1,5
1	1,5 – 2,0	1	1,5 – 2,0

- **EJERCICIOS DEMOSTRATIVOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL TEMA # V Metodología de cálculo de una instalación de transporte hidráulico.**

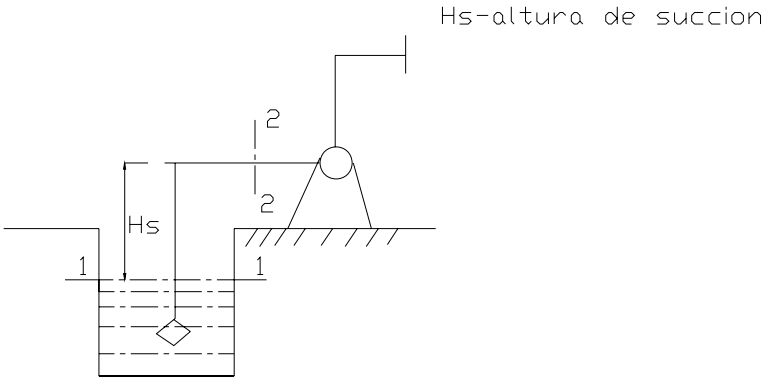
Fenómeno de cavitación

En la tubería de succión la bomba desarrolla una presión de vacío, el cual puede ser la causa de la aspiración del fenómeno de cavitación.

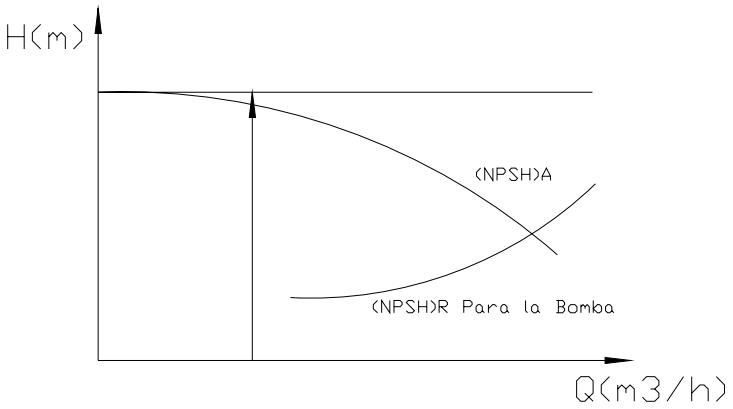
Cuando en la tubería de succión de una bomba la presión absoluta del flujo alcanza el valor de la tensión de vapor, el líquido ebulle, se forma cavidades en el flujo lleno de vapor y cuando pasa a zonas de altas presiones se condensa rápidamente. El fenómeno de la cavitación esta acompañado del choque hidráulico, de la intensificación de la corrosión química y electroquímica. El fenómeno de la cavitación tiene consecuencias perjudiciales para la máquina ya que provoca el deterioro de sus elementos (rodete), va acompañado de ruido y vibraciones y también se produce un descenso en los parámetros de trabajo de la instalación (gasto ,altura, rendimiento) una

caída de los parámetros mencionados de 3% se considera como el mínimo al inicio de este fenómeno.

La cavitación de una bomba se nota cuando hay una o mas de las siguientes señales siendo, vibración, caída en las curvas H/Q, η/Q y en el paso del tiempo por los daños en el rodete por picadura y corrosión.



Al termino Hs es conocido como altura positiva neta en la aspiración y se designa en Ingles por los letras NPSH (net positive suction)



La curva de $(NPSH)_R$ es una característica que aparece en el trabajo de la bomba entregado por el fabricante y depende del diseño de la bomba que hizo el fabricante.

La característica $(NPSH)_A$ es una característica de la red en que se emplea la bomba , la cual calculamos de acuerdo a la fórmula que describiremos a continuación.

$(NPSH)_A$ disponible

$(NPSH)_R$ requerida

$$(NPSH)_A = \frac{Patm}{\gamma liq} - Ht - Hs - \sum h$$

Ht: tensión de vapor (presión absoluta en la columna del liquido que se bombea)

$\sum h$: Pérdida hidráulica en la tubería de succión.

$(NPSH)_A > (NPSH)_R$ condición para que haya cavitación.

CÁLCULO DE UN SISTEMA DE BOMBEO

A- PROBLEMATIZACIóN

Se requiere bombear agua a temperatura ambiental de la ciudad de Moa a un gasto de $35m^3/hr$, hasta una altura geodésica de 60m ; donde un deposito de agua , cuyo nivel libre de líquido estará aproximadamente a 4m por debajo del nivel de succión de la bomba ; En consecuencia:

Q =$35m^3/hr$ Q =gasto en caudal

Hg = 60m siendo Hg = altura

Hs = 4m Hs= altura de succión

B-PROCEDIMIENTO

1. Selección de la bomba

Para preseleccionar la bomba se ha realizado un análisis de la gráfica de la característica de los diferentes tipos de bombas que proporcionan los fabricantes. Del análisis realizado se desprende que para este caso particular, se emplearán las características de una bomba centrifuga MC -30, cuyos parámetros nominales son:

Q_n= 30 m^3/hr Q_n= caudal nominal

Hn = 25,1m siendo Hn = altura o carga nominal (para un rodete)

$\eta_n = 0.63$ $\eta = eficiencia$ (Rendimiento) nominal

Como se puede apreciar, estos parámetros son convenientes pues son muy a los de la bomba requerida.

La bomba MC-30 posee un rodete; funciona a 3000 rpm y a una frecuencia de 60 Hz. Como en Cuba, la frecuencia de la energía es de 60Hz, se hará necesario determinar la curva característica de la bomba funcionando a 60Hz y a 3600rpm. Para encontrar la nueva característica de la bomba, se usarán las siguientes ecuaciones de semejanza.

$Q' = Q\left(\frac{n'}{n}\right)$ $H' = H\left(\frac{n'}{n}\right)^2$

Siendo Q', H', n' caudal, carga y velocidad de la bomba respectivamente trabajando a 60Hz

Q, H,n caudal , carga y velocidad de la bomba MC-30 funcionando a 50Hz y 3000rpm.

Realizando calcular, se tiene para encontrar las características:

$Q' = Q\left(\frac{36000}{3000}\right) = 1.2\ Q$

H' = H $(\frac{3600}{3000})^2$=1.44H

Los factores 1.2 y 1.44 se usarán para trazar las nuevas curvas de caudal y carga respectivamente.

2. CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA

Como se expresó, las características de la bomba han sido trasladadas usando las ecuaciones de semejanza, y se muestra en la figura 1 adjunto.

3. SELECCIÓN DEL NÚMERO DE RODETES

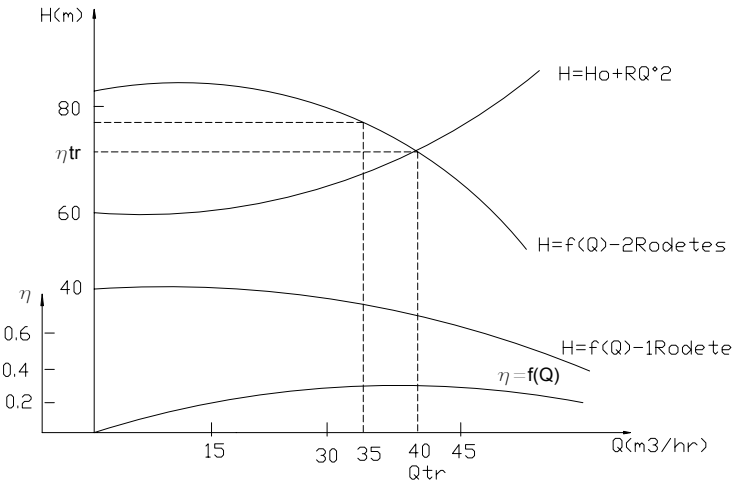
Para preseleccionar el número de rodetes se ha procedido así:

- La altura geodésica de la bomba es:

Hg =60m

De la figura 1 se tiene cuando Q=0; H_2 rodetes = 82m

Figura1. Curvas características de una bomba centrífuga MC-30 funcionando a 60 Hz y 3600rpm



Es decir

H_2rodetes =82m>Hg=60m

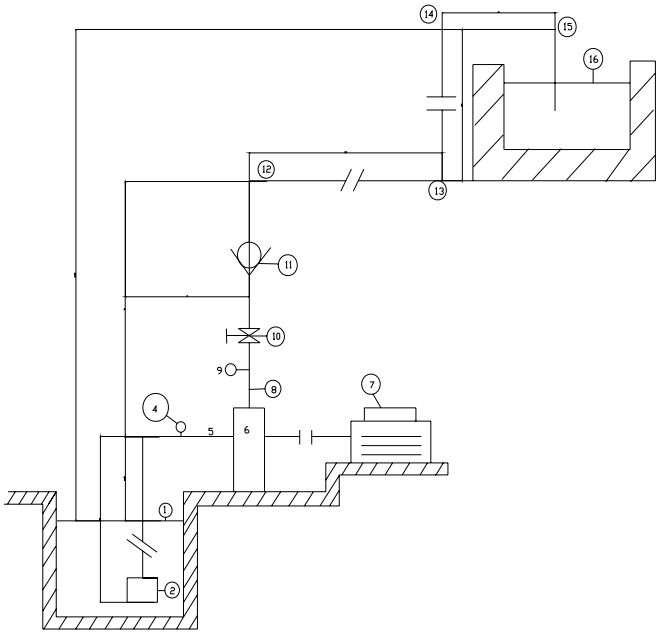
Además cuando

Q= 35 m^3/hr, H_2rodetes = 71,5m, así, en cualquier caso, la altura de la bomba es suficiente para vencer la altura geométrica, en consecuencia Z = 2 rodetes.

El numero de rodetes también puede obtenerse de: Z= $\frac{Hg + RQ^2}{Ho}$, cálculo que se comprobará después Ho= 41m, Q= 0

4- CARACTERÍSTICA DE LA RED

En la siguiente figura 2, se muestra el esquema del sistema de bombeo.



En el esquema:

1; 16 nivel del agua

2; válvula de pie con

3; 12; 13; 14; 15. Codo 90^0

4; vacuómetro

5; confusor

6; bomba

7; Motor eléctrico. 60Hz; 3600rpm

8; Difusor

9; Manómetro

10; válvula de regulación

11; válvula de retensión

Como en la bomba MC-30 tiene un diámetro de succión y de impulsión de 80 mm, se colocarían tentativamente:

- Diámetro de la tubería de succión = diámetro de tubería de impulsión = 100mm
- Confusor d_1/d_2 = 100mm/80mm, para conectar la tubería a la bomba.
- Difusor d_1/d_2 =80mm/100mm para conectar tubería de impulsión a la bomba.
- Vacuómetro a la entrada de la bomba.
- Manómetro a la salida de bomba.

La característica de la red se calcula con:

$M = Hred = Hg + RQ^2$ Siendo $Q = \frac{\pi.d^2}{4} \times v$

Donde d= diámetro de la tubería de impulsión

V= velocidad de flujo en la tubería de impulsión

$$R = \frac{1}{2.g.s^2}\left(\lambda.\frac{L}{D} + \sum \xi H\right)$$

$$\lambda = \frac{0.0210}{\alpha^{\frac{1}{3}}}$$

Como la velocidad del agua varía entre los valores recomendados V= 0.75-1.2m/s, elegimos V= 1,2 m/s y calculamos el diámetro de la tubería:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi.v}} = \sqrt{\frac{4.(35/3600)}{1.2.\pi}} = 0.1016m$$

Por tanto se acepta un diámetro normalizado de d= 100 mm =0,11m

Con el diámetro elegido se recalcula la velocidad

$$V = \frac{4.Q!}{\pi.d^2} = \frac{4.(35/3600)}{\pi.(0{,}1)^2} = 1.2379m/s$$

Que es un valor aceptable.

La succión S de la tubería es $S = \frac{\pi.d^2}{4} = \frac{\pi.(0.1m)^2}{4} = 0.0079m^2$

El valor de λ será:

$$\lambda = \frac{0.021}{(0.10)^{\frac{1}{3}}} = 0.0452$$

La longitud L de la tubería será según la figura 2 L=1m+50m+60+2m=11m

Los coeficientes ξ de pérdida parciales son:

ξ Válvula =7

ξ Codo 90 = 0,6 (hay 5 codos en la instalación)

ξ Confusor = 0,1

ξ Difusor = 0,25

ξ Válvula de regulación = 0,26

ξ Válvula de retención = 10

Calculemos R

$$R = \frac{1}{2.9181,(0.0071)^2}\left[0.0452 \times \frac{113}{0.1} + \sum\left(7 + 5 \times 0.6 + 0.1 + 0.25 + 0.26 + 10\right) + 1\right]$$

$$R = 59360.5.S^2 / m^5$$

La ecuación para la construcción de la red es:

$H = Hg + RQ^2$

$H = 60 + 59860.5Q^2$

Dando valores a Q se obtiene la curva característica de la red, que se muestra en la figura 1

Tabla 1: Valores de Hred en función del caudal Q

Q (m^3/hr)	Hred = Hg + R.Q^2 (mH_20)
0	60.0
10	60.5
15	61.0
20	61.8
25	62.9
30	64.1
35	65.6
40	67.3
45	69.3
50	71.5
55	73.5
60	76.5
65	79.4
70	82.4

Ahora se puede calcular Z = número de rodetes para la bomba funcionando con un caudal de 35 m^3/hr

$$Z = \frac{Hg + RQ^2}{Ho} = \frac{60 + 59360.5 \times (35/3600)^2}{41} = 1.6 > 1$$

Se compruebe que se requiere 2 rodetes.

5 – RÉGIMEN DE TRABAJO

De la figura 1, del punto de intersección de la curva para H = f()

Q y de la curva para $H = Hg + RQ^2$, se obtienen:

Qn= caudal nominal = 40 m^3/hr

Hn = carga nominal = 67.3 m H_20

Para un caudal Qn = 40 m^3/hr, de la figura 1, de la curva para η=f (Q) se obtiene:

η = Eficiencia (rendimiento) nominal = 0.63

Qn, Hn,y η_n así obtenido nos dan el régimen de trabajo de la bomba.

6 – RENDIMIENTO DE LA BOMBA

El rendimiento de la bomba se estima como sigue:

$$\eta_{tr} > 0.9\eta_n$$

$$\frac{\eta_{tr}}{\eta_n} > 0.9$$

$$(NPSH)_A = \frac{Patm}{\gamma_{Liq}} - Ht - Hs - \sum \xi$$

$$\frac{Patm}{\gamma} = 10.33 mcolH_2 0$$

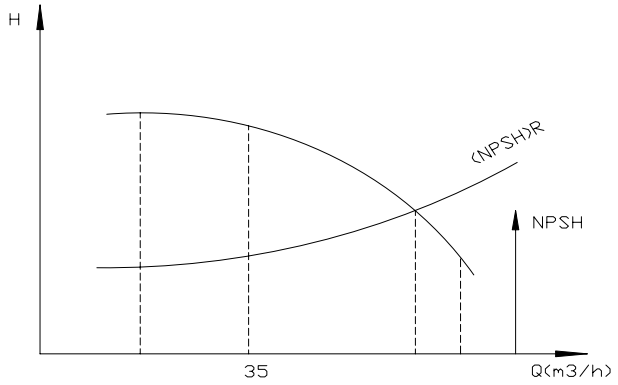
$(NPSH)_A$ = 5.08752ZmcH_20

Nota: En la ciudad de Loja en Ecuador, $\frac{Patm}{\lambda} = 8.2 mcolH_2 0$

$(NPSH)_A$ = 6-RQ^2 Ecuación para la tubería de succión

= 6-9689 $(35/3600)^2$

= 5.087m



De la figura 1:

$\eta_{tr} = 0.62$
$\eta_n = 0.63$ para Q = 35m^3/hr

Luego

$\frac{\eta_{tr}}{\eta_n} = \frac{0.62}{0.63} = 0.9841 > 0.9$ el rendimiento de la bomba es satisfactorio

7- PREVENCIÓN DE CAVITACIÓN

Para que una bomba tenga problemas de capitación debe cumplirse que:

$$Hs = \frac{Po}{\gamma} - \Delta Heq - \Delta Hv - \Delta Hperd$$

donde

$$\Delta Heq = 10.\left(\frac{n\sqrt{Q}}{C}\right)^{4/3}$$

= pérdida a la entrada de la bomba.

$\Delta Hr =$ Presión (tensión) de saturación del agua

ΔH_{perd} = pérdida en la tubería de succión den la bomba.

Para el caudal de Loja, se tiene:

$$\frac{Po}{\gamma} = 595mmHg, luego$$

$$\frac{Po}{\lambda} = \frac{595mmHg \times 10.33mcolH_2 0}{760mmHg} = 8.2mcolH_2 0 = \frac{Patm}{\gamma}$$

El coeficiente C en la fórmula para $\Delta Hreq$ se toma de la siguiente tabla, con el coeficiente de rapidez Ns

Tabla2: Valores de C en función del coeficiente de Rapidez

Ns	<70	70-80	80-150	>150
C	600	700	800	1200

Calculamos el coeficiente de rapidez con:

Ns = $3.65 \times \eta \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$ donde η, Q, H son nominales para una bomba , MC-30 y son tomados de las curvas características del fabricante.

$$Ns = 3.65 \times (3000) \times \frac{(30/3600)^{1/2}}{(25.1)^{3/4}} = 89.14$$

Para Ns = 89.14 la corresponde C = 800 (tabla II) , ahora

$$\Delta Hreq = 10 \times (\frac{3600\sqrt{35/3600}}{800})^{4/3} = 3.3842$$

Para una temperatura de 25^0C para el agua le corresponde una presión de saturación de 0.03229kgf/cm^2, que expresado en mcol$H_2$0 es iguala 0.3229m, por tanto:

H_t= 0.3229m

Calculamos ahora a R

$$R = \frac{1}{2gs^2}(\lambda \frac{L}{D} + \sum \xi + 1)$$

$$R = \frac{1}{2 \times 9.81(0.079)^2}\left[0.0452 \times \frac{7}{0.1} + (7 + 0.6 + 0.1) + 1\right] = 9689 s^2/m^5$$

$$\sum h = RQ^2 = 9689.(\frac{35}{3600})^2 = 0.9158m$$

Como la altura de succión real Hs=4m, es mayor que Hs calculado, la bomba cavilará:

Hs real = 4m>Hs calculado = 3.58m

HABRA CAVITACION

Entonces, para evitar la cavitación se recomienda que: El nivel de succión de la bomba sea instalada 1metro por debajo que el nivel original, de manera que

(Hs) real $\leq 3m$

8- ESTABILIDAD

Para que la bomba trabaje con estabilidad se debe de cumplir que:

(H_o)red < 0.9 (H_0) bomba; es decir:

$$\frac{(Ho)red}{(Ho)Bomba} < 0.9$$

De la figura 1 (o de la tabla 4) se tiene:

(Hg) red = 60m

(H_0) bomba = 82m

Luego

$$\frac{(Hg)\,\mathrm{Re}\,d}{(H_0)Bomba} = \frac{60}{82} = 0.7317 < 0.9$$ la bomba trabaja con estabilidad

También para que la bomba trabaja con estabilidad, se debe cumplir que la gráfica de $H= H_0+RQ^2$ intercepte la gráfica de H = f(Q) en un solo punto, situación que en este caso se cumple al examinar la figura 1

9- POTENCIA DEL MOTOR

La potencia del motor se define como:

$N= \frac{N_u}{\eta} = \frac{\gamma QH}{1000\eta}$ donde, $\gamma = 9810N/m^3$, $Q = 35m^3/hr$, $H = 71.5m$, $\eta = 0.62$, son parámetros de trabajo de la bomba.

$$N = \frac{9810 \times (35/3600) \times 71.5}{1000 \times 0.62} = 10.9998KW$$

N = 11 KW

Expresando la potencia en HP se tiene:

$$\text{N = 11 KW} \times \frac{1HP}{0.746KW} = 14.76HP$$

10 – ELECCION DEL MOTOR

Como en Ecuador, la máquina de los motores eléctricos que se comercializan en el mercado expresan su potencia en HP (caballo de fuerza) para este caso se elegirá un motor trifásico de 15 HP de potencia que funcione con corriente alterna de 60Hz de frecuencia y a una velocidad de rotación de 3600rpm.

11 - CONSUMO DE ENERGIA

En este caso la energía consumida será igual al producto de la potencia y el tiempo.

E= N.t en la cual

N: potencia del motor

T: tiempo anual de servicio

E: consumo de energía anual

La bomba funciona 24 horas diario, por tanto en 1 año se tienen:

t = 24.365= 8760 horas-año

Se prevén 15 días el año para el servicio de mantenimiento de la bomba, así que:

t = 8760 -15.24= 8400 horas –año, luego

E= 11kW.8400 horas-año = 92400 kW-hora-año

12 – CONSUMO ENERGÉTICO ESPECÍFICO

Expresando como la energía consumida por la bomba por unidad de volumen de fluido bombeado,

Ec = $\frac{E}{Q}$, donde E = energía consumida

Q = caudal

$$\text{Ec} = \frac{11KW}{35m^3/hr} = 0.3143KW - hr.m^3$$

13 – ELECCIÓN DEL TIPO DE BOMBA

La velocidad específica de la bomba es

$$\text{ne}\frac{51.6ns}{3.65} = \frac{51.6(89.14)}{3.65} = 1260rpm$$

Como el caudal nominal de una bomba MC-30 es Qh = 30m^3/hr, tenemos

Qh = 30 $\frac{m^3}{hr} \times \frac{1000lit}{m^3} \times \frac{1hr}{3600} = 8.33lit/s$

De la figura 3 adjunte, con ne = 1260rpm, Qn = 8.33lit/s se tiene que se elegirá una bomba con álabes radiales.