



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Material didáctico para la
asignatura: Hidráulica de
Canales para la carrera de
Ingeniería Civil de la Facultad
de Estudios Superiores Acatlán.

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA.**

PRESENTA: CARLOS ROSALES AGUILAR.

**ASESOR: M EN C. JUAN BAUTISTA RECIO
ZUBIETA.**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*A mis hijos: Viridiana, Carlos, Angélica y Paola.
Gracias, por darle sentido a mis acciones y a mi existencia.*

Índice.

Introducción.	3
Capítulo I.	6
Marco teórico conceptual.	6
Educación y formación	6
Paradigmas del aprendizaje	7
Características necesarias del docente y alumno para aplicar el modelo constructivista	10
Jean Piaget, Lev Semionovich Vygotski y el constructivismo	12
Jean Piaget	12
Lev Semionovich Vygotski	15
Constitución de conciencia	17
Zona de desarrollo próximo	18
Funciones psíquicas superiores	19
Formación de conceptos	20
Otros autores importantes del constructivismo	25
Premisas de la teoría constructivista aplicable a este trabajo	29
Capítulo II.	32
Marco metodológico	32
Manual de prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales	33
Capítulo III.	90
Marco operativo y resultados.	90
Cuestionario	91
Resultados	93
Conclusiones.	96
Bibliografía.	97
Bibliografía educación	97
Bibliografía técnica	99

Introducción.

En la Facultad de Estudios Superiores Acatlán (FESA), se imparten 16 carreras a nivel licenciatura, siendo una de ellas, la carrera de Ingeniería Civil. En el mapa curricular de ésta carrera se encuentra el Área de Hidráulica, ésta es conformada por varias asignaturas que están seriadas, específicamente una de ellas se denomina Hidráulica de Canales. La señalada asignatura se encuentra ubicada en los cursos regulares del quinto semestre y el número de sus créditos es conformado por dos partes; la teórica y la práctica. La parte teórica se imparte en un salón de clases tradicional y la parte práctica se ofrece en un laboratorio equipado.

El apoyo bibliográfico de la teoría de la materia Hidráulica de Canales utilizada para el desarrollo del curso, es de buena calidad, pero tiene el inconveniente de no ser aplicable directamente al equipo existente en el laboratorio correspondiente porque contiene la información propia de un libro de la asignatura y no se trata de un manual de procedimientos y el curso impartido en el laboratorio requiere de un documento rector apegado al orden del temario correspondiente a la asignatura.

En el año de 1990 se me asignó el laboratorio de la asignatura Hidráulica de Canales, sin embargo, al buscar el manual de procedimientos me encontré con que el original estaba extraviado y entonces me di a la tarea de elaborar el “Manual de prácticas de Hidráulica de Canales” que actualmente sirve de base en la enseñanza del señalado laboratorio y que no se apoya en algún modelo pedagógico. No se pretende con esto decir que, el material carezca de utilidad alguna, ya que servirá como apoyo para la elaboración del documento definitivo, sino que necesita ser renovado y actualizado.

Por otro lado, en el Programa de Ingeniería Civil existe la Comisión Revisora del Plan de Estudios. Los profesores que forman parte de ésta, son maestros con experiencia docente y profesional. Comentan, que por lo general, el desempeño y resultados de una buena escuela descansan en tres conceptos básicos; el primero trata de la existencia de un documento conformado de acuerdo a un buen Plan de Estudios; en el segundo, trata de la existencia de una planta de profesores con experiencia en sus respectivos campos de especialización y que se desempeñen dentro de una educación regida por valores que coadyuven a una formación integral de nuestro alumnado y; en tercer lugar, cuenta con un cuerpo de alumnos comprometidos y que den respuesta a las exigencias planteadas en la currícula de la carrera.

En las conversaciones de pasillo se escuchan, a manera de comentarios, cuestiones que implican la pobre respuesta de los alumnos hacia la mayoría de las materias que componen la currícula de la carrera. El problema es fuerte, pero se acentúa en los cinco primeros semestres resultando muy significativo en cuanto al interés y motivación que la ingeniería civil debería despertar en ellos.

Lo que se observa en los alumnos es una actitud de escasa madurez: algo así como si las actividades académicas propias de esta carrera nada tuviesen que ver con la realidad

que se vive fuera de las aulas. Nos encontramos entonces con alumnos que aparentemente alargan su adolescencia más allá de lo convencionalmente aceptado.

Buscando respuestas, aparecen varias posibles causas que podrían arrojar luz sobre la señalada actitud de los alumnos: el proceso de globalización en el que está inmerso nuestro país y la enorme gama de posibilidades de entretenimiento que se encuentra en él como lo es la Internet, los videojuegos, la televisión, tener una vida virtual que ya nada tiene que ver con la realidad, la desintegración familiar, la pérdida de valores éticos, falta de referencias o ejemplos a seguir en los adultos, falta de compromiso escolar e inadecuadas estrategias de estudio, entre otras, sustitución de valores, motivaciones hacia otras actividades no académicas, tecnología propia para divertirse o entretenerse, motivación de los adultos por obtener bienes materiales (sociedad de trabajo-consumo), la falta de convivencia de personas de diferentes edades, la obtención de bienes a través de manera “más fácil”, entre otras.

Como sabemos, la enseñanza y el aprendizaje de la Ingeniería Civil, presenta dificultades propias de ésta instrucción, pues se trata de una carrera que pertenece al ámbito físico-matemático. Como es conocido, la sociedad tiene una serie de creencias y actitudes frente a las matemáticas que se convierte en un verdadero problema obstaculizador del aprendizaje. Gran parte de lo señalado anteriormente trae consigo en consecuencia serias repercusiones como: altos índices de deserción escolar y de reprobación, bajo índice de titulación que trae como secuela, alto número de pasantes.

En la actualidad el método de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Hidráulica de Canales consiste en proporcionarle a los alumnos las generalizaciones que deben aprender y las evidencias de dichas generalizaciones y, de los alumnos se espera que escuchen, tomen notas, memoricen las notas, y devuelvan los datos, a menudo de la misma forma, a través de los exámenes que se les aplican. Por otra parte la responsabilidad de pensar, organizar, formular preguntas y obtener conclusiones descansa en el profesor, pues este suministra toda la información. Los alumnos son los receptores pasivos de los datos que proporciona el profesor cuando expone verbalmente su clase (llamada clase magistral) quitándole la iniciativa al alumno de aprender y el interés por descubrir el conocimiento se pierde. Podemos hacer la siguiente hipótesis “si la enseñanza es crítica motivará a los alumnos a aprender y a resolver problemas críticamente”.

Los intentos de subsanar la situación escolar que prevalece en la carrera de ingeniería civil van desde cursos remediales institucionales, dos vueltas de exámenes ordinarios, exámenes extraordinarios presentados el número de veces que los alumnos deseen, exámenes parciales y la creación del Programa de Tutoría Universitaria para Ingeniería Civil (PTUIC). Se tienen algunos datos en cuanto a la deserción estudiantil en la Facultad: hasta antes de implementar el PTUIC, se manejaba una cifra del 30 por ciento en los primeros años de la carrera (primero y segundo semestres) y del 20 por ciento en los segundos años (tercero y cuarto semestres) Después de la implementación del PTUIC las cifras de deserción fueron del 14 y 8 por ciento en forma correspondiente. La asignación de tutores es una de las actividades de PTUIC y ésta ha arrojado información sobre algunas causas de deserción estudiantil como son: problemas socioeconómicos, administrativos y psicológicos, cuyo análisis queda fuera del alcance de este documento.

En el rubro del aprovechamiento escolar se encontraron indicadores, hasta antes de la implementación del PTUIC; las evaluaciones variaban de forma extrema, es decir, las calificaciones obtenidas por los alumnos estaban muy polarizadas por un lado con calificaciones sumamente bajas y por otro lado muy altas. En la actualidad se observa que si bien, las calificaciones del alumnado en general no han aumentado, se ha eliminado la polarización. El PTUIC colateralmente ha logrado un impacto psicológico en el alumnado al contribuir al acercamiento de la comunidad de ingeniería con diferentes instancias educativas, empresariales y de investigación.

Como el lector seguramente ya observó, el problema tiene connotaciones muy fuertes que, además llevará un largo periodo de tiempo para medianamente ser recogida. Cabe señalar que los problemas detectados en el sistema educativo nacional, han llevado a diferentes instituciones a buscar la manera de revertir los resultados obtenidos y una de ellas es precisamente la introducción de los programas de tutorías.

El alcance de este trabajo de tesis se encuentra limitado a la producción y evaluación del material didáctico, auxiliar en la enseñanza de la Hidráulica de Canales específicamente del laboratorio de esta materia, que aunado a los resultados del programa de tutorías, esperaríamos se obtengan mejores respuestas de parte del alumnado de Ingeniería Civil.

Para llevarlo a cabo el sustentante ha creído pertinente elaborar este documento apegado a una directriz pedagógica que guíe el camino para un óptimo aprendizaje de la materia y que posteriormente utilizando una forma de evaluación adecuada arroje resultados y desde este punto de partida, adecuar el material al máximo aprovechamiento de los estudiantes. Por la naturaleza misma de la carrera y después de revisar y estudiar algunos modelos de enseñanza-aprendizaje se decidió que la corriente constructivista es la línea que mejor se apega a nuestros objetivos.

Capítulo I.

Marco teórico conceptual.

Educación y formación.

El concepto de educar es sin duda alguna, diverso y polisémico, sin embargo, para fines de este trabajo educar lo consideraremos como la tarea que ayuda a formar sujetos que resulten de provecho para una sociedad. La educación se puede identificar con lo que es instrucción, con la cual se busca lograr determinadas habilidades y destrezas para ciertas tareas en ámbitos de desempeño específico, por lo común aquellas con fines de preparación para el área laboral.

Por lo general, tenemos la vaga idea de lo que es educar y cómo se deben llevar a cabo las actividades de la educación; a este concepto acabado le llamaremos paradigma. Este paradigma guía a los que se encuentran concatenados de alguna forma en la tarea educativa de una institución, a menudo, sin hacer reflexión alguna sobre su quehacer.

Un grupo de individuos al interior de una institución combina su manera de hacer y pensar junto con sus valores y creencias y de esta forma da lugar a su propio paradigma educativo institucional. Entonces, el paradigma es un modelo de actuación que le da dirección a los quehaceres de la comunidad que lleva al abandono del estado de inconsciencia respecto de lo que guía nuestro hacer, y en cambio, procura conciencia.

El concepto de educación como formación consiste en un proceso de interacción, de negociación de significados, de progreso conjunto y compartido que se orienta al desarrollo integral de las personas tomando en consideración su diversidad.

Considerando que la actividad educadora se realiza principalmente en la institución educativa, la participación activa en la formación en los centros de enseñanza tiene un papel más estratégico en el desarrollo de un país. Por ello, las actividades educativas han de girar en torno al alumno, de otra manera, se pierde de vista la razón misma de las instituciones de enseñanza.

Formar implica que la instrucción ocurre en determinados campos del conocimiento pero, además, debe involucrar todas las dimensiones que conforman al individuo, incluidas sus diferentes potencialidades personales. De esta manera se entiende el proceso de formar como una actividad educadora amplia y totalizadora, de carácter interno y externo. Se trata de un proceso dinámico exteriorizado-interiorizado-exteriorizado que transforma a las personas a la colectividad de la que forma parte y a la cultura que construyen. Formar es entrar en contacto con saberes del exterior, interiorizarlos y resignificarlos para exteriorizarlos de nuevo.

La formación no es algo que se logra en un instante, o con la culminación de un evento: la formación se debe cultivar de forma permanente y no se encuentra limitada a tiempo alguno.

Se procura una formación cuando se participa en el logro de la evolución del ser: es propiciar un desarrollo orientado a fines relevantes y acordados por la colectividad y el propio individuo y en el cual se procura la transformación de los sujetos. En la formación se busca junto con el otro las condiciones óptimas para un saber que se recibe e interioriza, con la posibilidad de ser superado y exteriorizado de nueva cuenta, pero ahora enriquecido y con significado para el sujeto.

Paradigmas del aprendizaje.

Una de las acciones de la educación es el aprendizaje. Las tres concepciones de éste y las más difundidas, son: la tradicionalista, la conductista y la constructivista.

El personal académico del nivel medio superior y superior, por lo general, no está formado para la docencia, ellos se instruyen en especialidades profesionales que más o menos les permiten contar de manera parcial con la preparación para abordar el conocimiento de una disciplina. La función educadora se aprende sobre la marcha ya sea por intuición o por imitación y por lo general de manera irreflexiva con respecto a lo que hacemos, cómo lo hacemos y para qué lo hacemos.

El docente que corresponde al paradigma ***tradicional***, sólo requiere de cumplir con ciertos requisitos, es decir, la práctica de la enseñanza es un proceso burocrático que sólo cumple con: asistencia, juntas y reglamentos.

El modelo tradicional se centra en el sistema educativo, no en el alumno. También en esta forma de enseñanza la tarea del educador significa simplemente transmitir un saber a quien no lo posee, en un ambiente escolarizado. El profesor asume que es en él donde descansa todo el saber, juega el papel de transmisor inequívoco, prepara una exposición poco didáctica, sino es que la improvisa, o repite la misma que ha impartido por años, y el alumno juega el papel de receptor pasivo, acrítico y poco cuestionador. El proceso educativo tradicional se lleva de tal manera que el alumno se convierte en una máquina memorizadora de los conocimientos, en el mejor de los casos, o simplemente del discurso retórico del profesor. Otras veces, se repartirán los temas para que los participantes expongan o lean lo que encontraron respecto del tópico en cuestión.

De una u otra manera, los alumnos escuchan la exposición y toman nota de lo que consideran importante. Los apuntes serán consultados solo para “estudiar”, esto es, que por lo general sólo serán memorizados cuando sea menester presentar uno o varios exámenes. Del examen se obtiene una calificación y si ésta es aprobatoria, el alumno, por lo común no tendrá necesidad de volver a revisar sus apuntes: no recurrirá al conocimiento que tomó de libros o notas para acreditar su saber. Al final no puede determinarse si sabe o qué tanto sabe; simplemente logró calificaciones aprobatorias y eso es suficiente.

En resumen bajo la perspectiva tradicionalista existen creencias aceptadas como son:

El alumno:

- No tiene conocimientos ni es capaz de generarlos.

- A través de la presentación de exámenes probará la cantidad de conocimientos adquiridos.
- Todos los alumnos son iguales por lo tanto rendirán de igual manera bajo las circunstancias personales que se asumen deben ser iguales.
- El alumno es un ser pasivo, dependiente y poco investigativo.
- No es fácil determinar si sabe o qué tanto sabe.
- Sólo aprende dentro del aula, frente y escuchando al profesor.
- El alumno se educa pero no se forma.

El profesor:

- Tiene todo el conocimiento o se encuentra en los libros.
- El aprendizaje sólo se presenta cuando el alumno se encuentra frente al profesor y en el aula.
- Es el que da la pauta de disciplina pues él determina qué debe realizar el alumno, y en su caso refuerza para que se cumpla su mandato.
- Es únicamente un engranaje más de la máquina educativa.

Desde este paradigma se le culpa de todo al alumno, el profesor no reconoce que no sabe enseñar, no se preparan las clases ni se planean o seleccionan estrategias de aprendizaje adecuadas. Seguimos enseñando tal y como lo hicieron nuestros maestros hace décadas y con ese hacer pensamos que es así como se transmiten conocimientos. Con base en esas experiencias es como se idean las clases y se sigue enseñando a través de la conferencia magistral del docente – en el mejor de los casos –, lo cual dependerá de su dominio del tema y su capacidad de exposición, en donde la improvisación y la repetición son frecuentes. No todo docente prepara su clase, administra su tiempo y logra enseñar.

El sistema de enseñanza tradicional aún persiste en la mayoría de las escuelas de cualquier nivel en México y el tiempo ha mostrado que este camino es incorrecto y sólo sirve para seguir haciendo daño a los alumnos y como resultado tenemos un sistema educativo nacional deficiente. Como prueba de esto existen fuentes como la OCDE donde nuestro país ocupa bajos lugares en las áreas de matemáticas, español, geografía, etc. También existen datos que aunque no necesariamente obedecen al modelo de enseñanza tradicional, si se considera que impacta en los resultados, por ejemplo, un 85.6% termina la primaria; el 73.2% termina la secundaria; el 58.1% termina el bachillerato y lo que resulta es que de mil estudiantes que empezaron la primaria solo cuatro de ellos terminan la universidad.

El paradigma educativo *conductista* se basa en el trabajo experimental de John Watson y B. F. Skinner (1953), en él se concibe el aprendizaje como un cambio de conducta, mismo que es observable. Es un modelo estímulo-respuesta (es lineal y mecánico), se subestiman los procesos mentales, y las actitudes y motivaciones del individuo. Se considera que los alumnos se comportan de forma estandarizada para realizar operaciones que deben manifestarse en respuestas similares. En este modelo, el objetivo general es lograr en el alumno determinadas habilidades y destrezas para ámbitos de desempeño específico.

En este paradigma se asume al sujeto aprendiz como un objeto, en el que la memorización de fórmulas u operaciones son aplicables sin propiciar la crítica, la creatividad y el cuestionamiento. El aprendizaje se verifica a través de la evaluación basada casi exclusivamente en exámenes, en los que lo único que se puede constatar es la memorización. También este modelo no considera que existan diferencias socioeconómicas en los alumnos, tampoco alimenta el pensamiento crítico ni de motivar a los alumnos para obtener de ellos actitudes propositivas.

La educación de las últimas décadas oscila entre el tradicionalismo y el conductismo. Por ello es de entenderse los magros resultados educativos de nuestro país en lo general.

La corriente *constructivista* del aprendizaje considera una concepción tanto filosófica como psicológica. Esta posición constructivista entiende al aprendizaje como construcción de conocimiento, en donde las aportaciones de J. Piaget y Vygotski (1978, 1986, 1987, 1993) han sido centrales.

El constructivismo sostiene que las personas construyen de manera particular su manera de pensar y conocer de un modo activo, como resultado de la interacción entre sus capacidades innatas y la exploración ambiental que realiza mediante el tratamiento de información que recibe del entorno. Se puede decir que esta manera de hacer las cosas propicia mayor interés en el alumno por aprender y hacerse responsable de su propio conocimiento. Asimismo, se considera que el aprendizaje ocurre más allá del aula y de escuchar durante horas al profesor.

El profesor Mayte Sbert (1999) afirma que aprendemos:

- De las conversaciones.
- Del trabajo en grupo.
- Realizando proyectos.
- En las visitas.
- Con lo que ocurre entre recesos.
- Observando el comportamiento de los demás.

- De las bromas.

Para aplicar este tipo de modelo de aprendizaje se aceptará que:

- El conocimiento existe en la mente de las personas y se conforma de acuerdo con sus experiencias individuales.
- El conocimiento se construye, crea y conquista.
- El aprendizaje se da por la interacción de marcos de información y experiencias significativas.
- El aprendizaje requiere de alumnos interesados en él, responsables, motivados y participativos.
- Los medios del sistema educativo son cooperativos, colaboradores y brindan apoyo.
- El talento, la habilidad, las oportunidades, la estimación, la paciencia y la confianza abundan.

Con base en el constructivismo han surgido nuevas maneras de aprendizaje, tales como:

- Proyectos situados.
- Problemas y método de casos.
- Servicio a la comunidad.

Características necesarias del docente y alumno para aplicar el modelo constructivista.

Soria (2001) señala que los docentes que corresponden a este modelo de aprendizaje deben poseer las siguientes características:

- Aceptan el reto de la complejidad de la docencia centrada en el aprendizaje del alumno.
- Motivan al alumno para que se responsabilice de su aprendizaje.
- Diseñan y organizan ámbitos, métodos y experiencias de aprendizaje.
- Enseñan a investigar.
- Trabajan de manera colegiada con otros maestros.
- Desarrollan el talento y competencia de sus alumnos.

- Enseñan para alumnos con diversos estilos de aprendizaje.
- Ofrecen tutorías.
- Evalúan utilizando diversos medios.
- Participan activamente en la elaboración de planes y programas de estudio.
- Toman en cuenta el desarrollo de los alumnos y del colectivo como grupo.

También en este paradigma la enseñanza se dirige al intelecto y a los valores. El docente es un ser positivo y motivador que fortalece la autoestima de los alumnos y busca relacionar las experiencias de aprendizaje lo más que pueda con el mundo real del alumno y su futuro laboral. Su quehacer es estimulante para él, sus alumnos y sus colegas, porque enseña a pensar.

El docente ocupado y preocupado en la formación de los alumnos centra su atención en que las tareas de enseñanza y las actividades propuestas y realizadas por los alumnos procuren el aprendizaje, tanto de contenidos académicos como de asuntos relacionados con el entorno inmediato y general, así como su situación personal y la participación en la transformación de su comunidad.

El proceso educativo no es responsabilidad única del docente, en este modelo se requiere de un alumno en particular que no obedece a los modelos actuales en los que la dependencia y el conformismo están presentes. Éste es un alumno que está consciente de que su desarrollo depende, en gran medida, de su participación. Es capaz de hacerse responsable de su aprendizaje y tomar la iniciativa. No espera a que el profesor o la autoridad diga lo que él debe hacer. Actúa en dirección de su superación se adelanta a los hechos y, más que avizorar los problemas, construye su futuro. Toma el mando y aprovecha su energía y los recursos que se le presentan para crear en provecho propio y de los otros que lo conducirán a un aprendizaje autónomo y a la vez cooperativo.

Molinar Varela y Vázquez Sánchez indican que el tipo de alumno que se requiere para este modelo educativo es el de un alumno proactivo que se distingue por las siguientes características:

- **Se hace responsable por lo que ocurre en su vida.** Los hechos influyen en él, pero no determina su ser. Asume las consecuencias de sus actos y con sus respuestas señala hacia dónde va.
- **Toma la iniciativa para mejorar.** Reconoce lo que es necesario hacer y se aplica a trabajar aprovechando su talento para conseguir lo que se ha propuesto.
- **Tiene confianza en sí mismo.** Va por caminos que no han sido explorados y es capaz de lograr sus metas. Reconoce y acepta sus propios errores y aprecia las fortalezas y virtudes de los otros.

- **Está comprometido con el cambio.** Reconoce la necesidad de progreso permanente y adopta una filosofía de superación constante para responder a las demandas del medio que él hace suyas.

Si se lograra conjuntar tanto a los docentes como a los que sean corresponsables del modelo educativo nacional tendríamos como resultado a profesionales capaces de:

- Identificar obstáculos y problemas.
- Entrever diferentes estrategias realistas.
- Elegir la mejor estrategia, considerando los riesgos.
- Dirigir su aplicación modulando los posibles cambios.
- Respetar durante el proceso ciertos principios y valores.
- Dominar sus propios intereses y simpatías.
- Cooperar con otros profesionales siempre que sea necesario.
- Obtener conclusiones y aprendizajes para nuevas situaciones.

J. Piaget, L. S. Vygotski y el constructivismo.

Jean Piaget.

La gestación del paradigma de constructivismo comienza en la década del 20 del siglo pasado con los trabajos del psicólogo y epistemólogo suizo Jean Piaget. Piaget proviene de la biología, se interesa por la filosofía, la epistemología y de ahí a la psicología. Dice de sí mismo:..." no soy psicólogo, soy epistemólogo"... pero su obra es de obligada consulta para el que intente acercarse a la comprensión del desarrollo psíquico humano. Recibe y sintetiza en su obra múltiples corrientes que incluyen hasta los modelos lógicos matemáticos del pensamiento.

En la época en que Piaget realiza y publica sus trabajos se produce una violenta crisis en el mundo capitalista, con sus correspondientes consecuencias socio-ideológicas que, son reflejadas en las ciencias y en la investigación. Se produce también una crisis en la Psicología pues ninguno de los paradigmas existentes (estructuralismo, psicoanálisis y conductismo) había podido dar respuestas a los nuevos intereses sobre las motivaciones de la conducta social, entre otras cosas. En el plano de la ciencia comienza a tomar fuerza una visión más holista de los fenómenos y se trabaja con enfoques interdisciplinarios. Es en este contexto en que aparecen los trabajos de Piaget. En 1923 publica *El lenguaje y el pensamiento en el niño* y en 1926, *La representación del mundo en el niño*. En estas obras sistematiza su posición con respecto al estudio de la mente infantil como método para estudiar la formación de conocimientos en el individuo.

Los referentes filosóficos fundamentales que pueden encontrarse en la obra de este autor se relacionan con el racionalismo en su concepción del universalismo cognitivo, en el reconocimiento de la potencialidad humana de estar dotado de razón, la que le permite ordenar el mundo con criterios racionales. Este ser cognitivo, racional, tiene la posibilidad de desarrollar su conocimiento en su relación con el medio pero de una manera espontánea, desde dentro.

Por otra parte, desde el punto de vista sociológico, Piaget tiene antecedentes en el Iluminismo francés, Voltaire, Rosseau, en sus ideas del desarrollo natural, espontáneo del niño, en las características diferentes del niño y del adulto, que cambian por etapas a través de su vida. El niño no es un adulto con insuficiencias, sino que tiene características propias, potencialidades que luego hará realidad al interactuar con los objetos.

Este autor estudia cómo se desarrolla el intelecto humano, que identifica con el pensamiento, desde las formas elementales del pensamiento en acción, hasta las de mayor elaboración y alcance, el pensamiento científico en términos de lógica formal. Para él lo fundamental es comprender cómo el hombre alcanza un conocimiento objetivo de la realidad a partir de las estructuras más elementales presentes desde su infancia.

Ideas centrales de la teoría de J. Piaget son:

1. El conocimiento humano es una forma específica muy activa de adaptación biológica de un organismo vivo complejo a un medio ambiente complejo.
2. Esta adaptación es interactiva, es decir, el conocimiento humano surge en la relación del sujeto con su medio.
3. Para comprender esta relación de un sistema vivo, con su ambiente la noción fundamental es el equilibrio: es un medio altamente cambiante para que un organismo permanezca estable y no desaparezca debe producir modificaciones tanto en su conducta (adaptación) como de su estructura interna (organización).
4. Piaget postula un organismo cognitivo que selecciona e interpreta activamente la información que toma de su entorno para construir su propio conocimiento en vez de copiar pasivamente la información tal y como se presenta ante sus sentidos. Todo conocimiento es, por tanto, una construcción activa de estructuras, operaciones mentales, internas del sujeto.
5. Los mecanismos de este proceso de adaptación-construcción del conocimiento son dos aspectos simultáneos, opuestos y complementarios, la asimilación y la acomodación. La asimilación se refiere al proceso de adaptar los estímulos externos a las propias estructuras mentales internas ya formadas. Mientras que la acomodación hace referencia al proceso de adaptar esas estructuras mentales a la estructura de esos estímulos.
6. La vía para esta construcción del conocimiento va a partir de las acciones externas con objetos que ejecuta el niño, por un proceso de internalización, a

transformarse paulatinamente en estructuras intelectuales internas, ideales. Esta internalización es el proceso de desarrollo intelectual del sujeto que tiene tres grandes periodos: la inteligencia sensorio-motriz, el de preparación y realización de operaciones concretas y finalmente del pensamiento lógico formal.

7. El desarrollo intelectual es la premisa y origen de toda personalidad, o lo que es lo mismo. A partir del desarrollo del pensamiento se produce el desarrollo moral, afectivo del niño.
8. Los factores que intervienen y regulan este desarrollo, son:
 - Biológicos, de crecimiento fisiológico, maduración natural y espontánea de las estructuras del organismo.
 - De la experiencia individual adquiridas en las acciones con los objetos.
 - Sociales, de coordinación inter-individuos, la relación con el otro que puede ser un niño, adulto y donde el sujeto se sociabiliza.
 - De transmisión educativa cultural, la escuela, los maestros, la sociedad pueden facilitar o dificultar este desarrollo intelectual espontáneo.
 - De equilibración sucesiva de las acciones que el propio sujeto realiza.

El último factor es el determinante del desarrollo, es decir, el proceso de construcción del conocimiento y del intelecto es un proceso espontáneo, individual, que depende en última instancia del sujeto que actúa en el medio.

Aunque Piaget no le confiere un papel esencial a la educación en el proceso de construcción del conocimiento y en el desarrollo intelectual humano, su teoría ha tenido una amplia repercusión en las concepciones pedagógicas modernas.

Una de estas aplicaciones, es la llamada Pedagogía Operatoria, nacida en Europa, donde la enseñanza favorecedora del desarrollo intelectual debe partir del conocimiento de los niños.

El aprendizaje se concibe como la construcción de estructuras mentales por parte del sujeto. La enseñanza debe ayudar a esto y, además, debe propiciar el desarrollo de la lógica infantil, estimular el descubrimiento personal del conocimiento, evitar la transmisión estereotipada, proponer situaciones desafiantes, contradicciones que estimulen al alumno a buscar soluciones.

En estas aplicaciones el maestro tiene la función de orientador, facilitador del aprendizaje, pues a partir del conocimiento de las características intelectuales del niño en cada período debe crear las condiciones óptimas para que se produzcan las interacciones constructivas entre el alumno y el objeto de conocimiento, para que comprenda que puede obtener dicho conocimiento por si mismo, observando, experimentando, combinando sus razonamientos.

Lev Semionovich Vygotski.

Los individuos a través de su estancia en la tierra, cada uno con sus propias vivencias, se adaptan al medio, esto lo logran a través de la construcción cotidiana de su conocimiento, es decir, el individuo se construye a sí mismo interactuando con su medio social y sus procesos internos mentales (comportamiento cognitivo).

Son los esquemas con los que cuenta el alumno los que dirigen la autoconstrucción del individuo. Estos esquemas son modificados en forma continua para conformar un conocimiento más profundo o también, a la vez, más extenso.

El proceso de construcción depende básicamente de dos aspectos. El primero lo conforma el conjunto de experiencias y conocimientos previos con los que cuenta el individuo que se enfrenta a una nueva información o a la actividad o tarea a resolver. El segundo atiende a la actividad externa o interna que el aprendiz realiza al respecto.

Las teorías constructivistas postulan que los estudiantes son elementos activos en la comprensión y en la asignación de sentido a la información

Vygotski vive y realiza su obra en una época de auge revolucionario en todas las esferas de la vida, en las relaciones sociales, políticas, económicas, artísticas, de la naciente Unión Soviética. Sus ideas constituyen una creación que revoluciona la Psicología, incursionó en todas las áreas de ésta y contribuyó a crear algunas de ellas. Vygotski ha sido considerado constructivista porque concibió a los seres humanos "...como constructores permanentes en su entorno y de las representaciones de éste a través de su implicación en formas diferentes de actividad."

Lo que Vygotski explica es el desarrollo del niño y, para él, ese proceso está relacionado con la instrucción. Las ideas de Vygotski se hacen públicas por primera vez en 1924 y pudieran ser resumidas en las siguientes:

- Vygotski señala que el tiempo humano es historia, es decir, desarrollo de la sociedad.
- El desarrollo del individuo es resultado del proceso histórico y social donde el lenguaje resulta relevante. El conocimiento es resultado de la interacción social y en esa interacción con otros sujetos se constituye la conciencia. En ese sentido, según Vygotski, el uso de símbolos es fundamental en el proceso de pensar de manera compleja, uno de los símbolos relevantes es el lenguaje escrito cuya complejidad es mayor, dice, que la del lenguaje hablado.
- Los fenómenos psíquicos (entre ellos el conocimiento) siendo sociales por su origen, no son dado de una vez y para siempre, sino que se desarrollan históricamente, en función de las condiciones de vida y actividad social en que el sujeto está inmerso.
- El desarrollo de las funciones psíquicas superiores (propiedades humanas), se producen en el desarrollo cultural del niño y aparece dos veces, primero en el plano social, interpsicológico, como función compartida entre dos personas y después como función intrapsicológica, en el plano psicológico interno de cada sujeto.
- El uso de la crítica como parte del sistema de investigación.

- La psiquis humana tiene una base fisiológica en la actividad del sistema nervioso, en particular en el cerebro humano. Esta base fisiológica no es inmutable y está constituida por sistemas dinámicos interfuncionales.
- Lo psíquico es una unidad de afecto e intelecto, el hombre actúa como personalidad como sujeto integral y concreto, a través de sistemas psicológicos.
- En la obra de Vygotski también tiene mucha fuerza la idea, del desarrollo potencial y real de lo psíquico. Esto se evidencia, entre otras cosas, en su concepto de zona de desarrollo potencial o próximo, definida por lo que el niño puede hacer en colaboración, bajo la dirección, con la ayuda de otro y lo que puede hacer solo. La instrucción debe preceder al desarrollo y potenciarlo. Esta afirmación es contraria a la que sostenía Piaget para quien en cada estadio de desarrollo sólo pueden adquirirse determinados conocimientos. En ese sentido, Vygotski planteó la categoría de zona de desarrollo próximo para resaltar la importancia del aprendizaje por la mediación de otros y el uso de herramientas, principalmente el lenguaje.
- Esta es la base de otra idea importante, la educación conduce al desarrollo, no sólo se adapta o favorece el mismo.

Algunas de las implicaciones pedagógicas más importantes pudieran resumirse en:

- El aprendizaje concebido como una actividad social, de producción y reproducción del conocimiento mediante la cual el niño se apropia de la experiencia histórico-cultural, asimila modelos sociales de actividad e interrelación, más tarde, en la escuela de conocimientos científicos, bajo condiciones de orientación e interacción social.
- La enseñanza debe asegurar las condiciones para que el alumno se eleve mediante la colaboración y la actividad conjunta, a un nivel superior de desarrollo.
- En la enseñanza debe reflejársela clara concepción de las ideas y valores que mueven el desarrollo social, perspectiva de la humanidad en función de las condiciones socio-históricas del presente, las condiciones en las que se inserta el estudiante, los recursos de que dispone, el sistema de relaciones que propicie el aprendizaje.
- Las instituciones escolares que responden al modelo social de igualdad de condiciones de todos los miembros de la sociedad para realizarse plenamente, requieren de la priorización de recursos y condiciones para que la enseñanza sea un proceso de transformación social y personal.
- Los principios que, entre otros, deben regir este proceso serían:
 - La unidad entre instrucción y educación.
 - Su carácter científico.
 - La enseñanza desarrolladora.
- En las aplicaciones el maestro hace la función de dirección del aprendizaje, es decir, orienta, controla, evalúa, conduce el aprendizaje de los alumnos, teniendo así un rol protagónico en el proceso educativo.

En este autor también encontramos la noción de interiorización de las funciones psíquicas, pero de una forma diferente, no es el simple paso de lo externo a lo interno, sino que implica una transformación de la operación a partir de sus relaciones sociales, cuyo instrumento fundamental es el lenguaje. Por otra parte para Vygotski, previa esta

interiorización es necesario analizar la exteriorización de las operaciones psíquicas naturales que el hombre hace en el trabajo, concretándose en los objetos que crea y nombra o designa con un signo. Luego se da el proceso en el que el signo es un medio para dominar, dirigir y orientar el comportamiento de otros y finalmente cuando el signo se interioriza y con él la operación que expresa.

De todo lo que hemos analizado hasta aquí, podemos decir que entre las ideas de Piaget y de Vygotski hay puntos de contacto y divergencia, y aspectos que se complementan.

En primer término ambas concepciones tienen una amplia vigencia y han sido redescubiertos en los últimos años por las nuevas generaciones de psicólogos y pedagogos de América y Europa fundamentalmente.

Tienen en común, el énfasis en el papel activo del sujeto en la construcción de su conocimiento y en su desarrollo psicológico, la interacción del sujeto con el medio como vía de ese desarrollo, la interiorización como mecanismo de formación de lo psicológico, el método genético-experimental para su estudio.

Sus concepciones se diferencian por el énfasis del lenguaje, de los instrumentos como mediadores del desarrollo psicológico, que aparece en Vygotski, y por los factores que determinan dicho desarrollo. En Piaget el desarrollo es espontáneo, interno, individual y en Vygotski tiene una determinación histórico-social.

Vygotski explica el proceso de cognición a través de: la constitución de conciencia, la zona de desarrollo próximo, las funciones psíquicas superiores y la formación de conceptos.

Constitución de conciencia.

Por su formación intelectual, Vygotski asumió las tesis marxistas y, en ellas, reconoció la importancia que Marx y otros filósofos le habían concedido a la constitución de conciencia. Aunque una de las obras más importantes de Vygotski se refiere a la relación entre el pensamiento y el lenguaje, él reconoció que el problema de la conciencia era aún más amplio y profundo que el problema de esa relación o de sus componentes.

Entre los seguidores de Vygotski hay cuando menos dos grupos: los que comentan que, irónicamente, la aportación de Vygotski al considerar la importancia de la conciencia es una de las que menos se han tomado en cuenta en el proceso educativo y los que consideran que la vigencia del pensamiento vygotkiano se debe a la explicación del origen social de la conciencia.

Para Vygotski, "...el pensamiento y el lenguaje son la clave para comprender la naturaleza de la conciencia humana. Si el lenguaje es tan antiguo como la conciencia, si el lenguaje es la conciencia que existe en la práctica para los demás y, por consiguiente, para uno mismo, es evidente que la palabra tiene un papel destacado no sólo en el desarrollo del pensamiento, sino también en el de la conciencia en su conjunto".

Zona de desarrollo próximo.

Quienes comentan las obras de Vygotski consideran que la zona de desarrollo es una traducción de la tesis marxista de la influencia de la sociedad en el sujeto. La zona de desarrollo próximo está considerada como una de las grandes aportaciones de Vygotski ya que, mediante ella, intentó resolver los problemas prácticos de la psicología de la educación: la evaluación de las capacidades intelectuales de los niños y la evaluación de las prácticas de instrucción.

Según Vygotski, el niño, en colaboración con otros sujetos, resuelve con mayor facilidad las tareas que están más próximas a su nivel de desarrollo. Cuando la dificultad de una tarea aumenta —sigue diciendo Vygotski— puede resultar insuperable para el niño, incluso para resolverse en colaboración con otros. Para Vygotski, la divergencia entre la edad mental o el nivel de desarrollo actual, que se determina con ayuda de las tareas resueltas de forma independiente y el nivel que alcanza el niño al resolver las tareas, no por su cuenta, sino en colaboración, es lo que determina la zona de desarrollo próximo. Mediante la zona de desarrollo próximo Vygotski relacionó el desarrollo del niño con la instrucción y, desde luego, que refutó a Piaget y a otros psicólogos de su tiempo.

La importancia que Vygotski dio a la zona de desarrollo próximo se debió a que según él, el desarrollo que parte de la colaboración es la fuente de todas las propiedades específicamente humanas de la conciencia del niño. En estas circunstancias, el factor principal del desarrollo infantil es la instrucción.

Vygotski agregó que, en la escuela, el niño no aprende a hacer lo que es capaz de realizar por sí mismo, sino a hacer lo que es todavía incapaz de realizar, pero que está a su alcance en colaboración con el maestro y bajo su dirección. Lo fundamental, entonces, de la instrucción es precisamente lo nuevo que aprende el niño.

Para Vygotski, lo que el niño es capaz de hacer hoy en colaboración, será capaz de hacerlo por sí mismo mañana. En la edad infantil, sólo es buena la instrucción que va por delante del desarrollo y arrastra a éste último. La instrucción debe orientarse, según Vygotski, hacia los ciclos ya superados de desarrollo, basándose en las funciones que están en trance de maduración. Las posibilidades de la instrucción las determina la zona de desarrollo próximo. En los niños, las posibilidades de instrucción pueden ser distintas, a pesar de que la edad intelectual de un grupo de ellos sea la misma, ya que las zonas de su desarrollo próximo divergen bruscamente.

En Vygotski, las funciones que intervienen activamente en la instrucción escolar giran alrededor del eje de las principales formaciones nuevas de esa edad: la toma de conciencia y la voluntariedad. Estas dos cuestiones constituyen los rasgos diferenciadores fundamentales de todas las funciones psíquicas superiores que se forman en esa edad. Por tanto, podríamos llegar a la conclusión de que la edad escolar es el período óptimo de la enseñanza del lenguaje escrito y de la gramática que se basan al máximo en los fenómenos que son conscientes y voluntarios. "Debido a ello, la enseñanza de esas materias proporciona las mejores condiciones para el desarrollo de las funciones psíquicas superiores que se hallan en la zona de desarrollo próximo. Precisamente la instrucción puede intervenir en la marcha del desarrollo e influir decisivamente en él porque esas

funciones aún no han madurado a comienzos de la edad escolar porque la instrucción puede organizar en cierto modo el proceso ulterior de su desarrollo y con ello determinar su destino. La instrucción en el desarrollo del niño es central en el análisis del origen y de la formación de los conceptos científicos".

Vygotski sostenía que la experiencia universal había mostrado que, en el comienzo de la escuela, la enseñanza de la escritura es una de las asignaturas más importantes de la instrucción escolar, "...ya que favorece el desarrollo de todas las funciones que aún no han madurado en el niño. Así es que cuando decimos que la instrucción debe basarse en la zona de desarrollo próximo, en las funciones aún inmaduras, no estamos recetando nada nuevo a la escuela, sino que nos liberamos del viejo equívoco de que el desarrollo debe recorrer obligatoriamente sus ciclos, preparar por completo los fundamentos sobre los que la instrucción debe erigirse".

Funciones psíquicas superiores.

Desde la psicología se identifican dos tipos de funciones: las inferiores, primitivas o elementales (aquellas con las que nacemos) y las superiores (el lenguaje, la escritura, el dibujo infantil, el desarrollo de las operaciones matemáticas, el pensamiento lógico, la formación de conceptos, la memoria y la atención).

Según Vygotski, las funciones psíquicas inferiores están determinadas fundamentalmente por las peculiaridades biológicas de la psique y las funciones psíquicas superiores son más complejas y se desarrollan durante la interacción del sujeto con la cultura. Las funciones psíquicas superiores están relacionadas con las funciones psíquicas inferiores pero a las primeras no se llega por secuencia lógica a partir de las segundas.

Para Vygotski, el desarrollo no se orienta a la socialización, sino a convertir las relaciones sociales en funciones psíquicas y, en este sentido, dice que "...toda función en el desarrollo cultural del niño aparece en escena dos veces, en dos planos; primero en el plano social y después en el psicológico. Lo dicho se refiere por igual a la atención voluntaria, a la memoria lógica, a la formación de conceptos y al desarrollo de la voluntad".

Las funciones psíquicas superiores se forman por la mediación de signos externos, a través del lenguaje y el pensamiento. Por lo tanto, el empleo del signo, tiene primordial importancia en todo el desarrollo cultural. El proceso de formación de las funciones psíquicas superiores se da cuando el organismo asimila las influencias externas, de acuerdo con el nivel de desarrollo psíquico en que se halla.

Según Vygotski, en su tiempo, la problemática en torno a las funciones psíquicas superiores consistía en lo siguiente:

- El estudio de esas funciones era un ámbito inexplorado que era necesario estudiar para conocer al niño;
- No se disponía de un "método" de investigación que permitiera comprender y explicar los hechos y regularidades obtenidos en el proceso de trabajo;

- Las funciones psíquicas superiores como la memoria, la atención y el pensamiento eran reducidos a procesos elementales y se consideraban procesos y relaciones naturales sin ninguna relación genética y, además, se confundía lo natural y lo cultural, lo natural y lo histórico, lo biológico y lo social.

Formación de conceptos.

Para Vygotski, existen dos tipos de conceptos: los cotidianos y los científicos. El proceso de formación de ellos, sobre todo de los científicos, como proceso especial y diferenciado, es el factor determinante del desarrollo del pensamiento conceptual. Con esa afirmación, Vygotski se opuso a las concepciones de otros teóricos que consideraban que la asociación, la atención o la combinación de juicios e ideas eran el factor decisivo y esencial, capaz de explicar adecuadamente la aparición de una nueva forma de pensamiento, cualitativamente distinta e irreductible a otras operaciones intelectuales elementales.

Para Vygotski, la formación del concepto o la adquisición del significado de la palabra es el resultado de una actividad compleja en la cual intervienen y se combinan de un modo especial todas las funciones intelectuales básicas. Las raíces de la formación del concepto, dice Vygotski, están en la primera infancia, pero las funciones intelectuales cuya combinación constituye el fundamento psíquico del proceso de formación de los conceptos maduran, se forman y se desarrollan sólo en la edad de la pubertad.

Sólo cuando el niño se convierte en adolescente resulta posible la transición decisiva al pensamiento conceptual. Antes de esa edad encontramos ciertas formaciones intelectuales aparentemente similares a los verdaderos conceptos y que, debido a esa semejanza superficial, pueden ser confundidos con indicios de la presencia de verdaderos concepto ya en una edad muy temprana. De hecho, estas formaciones intelectuales equivalen funcionalmente a los verdaderos conceptos posteriores.

Para Vygotski, "...el análisis experimental del proceso de formación de conceptos revela que el elemento fundamental e imprescindible de todo ese proceso es el uso funcional de las palabras u otros signos en calidad de medios para dirigir activamente la atención, analizar y destacar los atributos, abstraerlos y sintetizarlos".

Para Vygotski, la formación de conceptos tiene tres fases:

- Formación de cúmulos desorganizados. Esta fase es la más frecuente en el comportamiento del niño de corta edad y, en ella, por ejemplo, el niño coloca determinadas piezas en un montón en respuesta a una tarea que los adultos resolveríamos mediante la formación de un nuevo concepto. Este montón de figuras seleccionadas por el niño, agrupados sin suficiente fundamento interno, sin suficiente afinidad y relación entre sus elementos integrantes, revela la extensión difusa y no dirigida del significado de la palabra, o del signo que la sustituye, en una serie de elementos relacionados en las impresiones perceptivas del niño, pero sin unidad interna.

- Variaciones funcionales, estructurales y genéticas de una misma forma de pensamiento, igual que todas las demás, -dice Vygotski- tiende a la formación de conexiones, al establecimiento de relaciones entre diferentes impresiones concretas, a la unión y generalización de objetos distintos, al ordenamiento y la sistematización de la experiencia del niño;
- Seguimiento de leyes de pensamiento. Vygotski, en la tercera fase de la formación de conceptos, los pensamientos complejos formados en la fase dos se construyen siguiendo leyes del pensamiento muy distintas a las de los conceptos. También reflejan, como hemos dicho, conexiones objetivas, pero lo hacen de otro modo que los conceptos. El lenguaje de los adultos conservan múltiples reminiscencias del pensamiento en complejos.

Para Vygotski, un niño es primero y antes que nada un miembro de un grupo socio-cultural particular que se apropia herramientas de aprendizaje características de su grupo. También señalaba que la educación, en un amplio sentido, es el proceso por el cual un novicio adquiere una versión individualizada de su grupo cultural. Un aspecto de este proceso de adquisición, que es particularmente enfatizado por Vygotski, es el rol desempeñado por las herramientas psicológicas.

Las herramientas psicológicas son esos mediadores simbólicos (signos, símbolos, fórmulas, textos, organizadores gráficos) que permiten al individuo organizar, reestructurar y controlar sus funciones "naturales" de percepción, atención, memorización, comunicación y resolución de problemas.

La apropiación, la internalización y el uso de las herramientas psicológicas constituyen las bases de la distinción entre el aprendizaje humano y el de los animales. La noción de "herramientas psicológicas" proporciona un lazo entre el nivel social de la transmisión de la cultura y el nivel individual de aprendizaje y desarrollo. Por ejemplo, una herramienta, como la alfabetización, por un lado proporciona sentido para transmitir textos culturales mientras por otro lado contribuye a los cambios estructurales en los procesos cognitivos individuales.

La educación formal escolarizada puede distinguirse de la práctica educativa informal debido a que la primera presenta el conocimiento en forma de conceptos "científicos" mientras la última trabaja con las nociones cotidianas. El aprendizaje conceptual es por necesidad disciplinar porque refleja la práctica cultural-histórica específica de formular conceptos físicos, biológicos, históricos, lingüísticos, etc.

De acuerdo con Vygotski, el proceso educativo guía el desarrollo cognitivo del niño, pero no coincide con él. Las funciones cognitivas mayores dependen de la educación para su desarrollo. Y, al mismo tiempo, sería erróneo afirmar que el desarrollo sigue justamente al aprendizaje como una sombra.

El estudiante aparece en la teoría de Vygotski como un aprendiz activo cuya mente jamás es una "tabula rasa". Aún cuando la educación formal no se haya iniciado, el niño tiene ya nociones espontáneas de cantidad, causalidad, tiempo, espacio y demás. Estas nociones deben ser tomadas en cuenta cuando el alumno es introducido a la matemática

formal, la historia o la alfabetización. Debido a este énfasis en las nociones espontáneas que el niño tiene, la teoría de Vygotski está frecuentemente asociada con el enfoque constructivista. Por tanto, es importante, de cualquier manera, recordar que Vygotski nunca afirmó que la construcción del conocimiento del estudiante pueda ser conseguido espontánea o independientemente. El proceso de la formación de conceptos en el estudiante ocurre en la constante interacción entre las nociones espontáneas de éste y los conceptos sistemáticos introducidos por el maestro.

El paradigma vygotskiano de capacitación del maestro está basado en dos presupuestos. El primero de ellos es el presupuesto sobre la relación entre instrucción y desarrollo; el segundo es la noción de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) como un "espacio" en el cual la instrucción tiene lugar.

Vygotski rechazó una creencia popular, asociada con la teoría de Piaget, de que la instrucción debería seguir al desarrollo cognitivo del alumno. Él afirmó lo contrario: la instrucción y el aprendizaje constituyen importantes factores, "motores" del desarrollo del niño. Entonces, desde el punto de vista de Vygotski, aprendizaje y desarrollo son dos aspectos del único y mismo proceso de desarrollo educativo.

Vygotski sugiere que la instrucción y el aprendizaje son responsables del desarrollo de las funciones psicológicas mayores que están ausentes en el bagaje cognitivo "natural" del niño. Por tanto, la capacitación del docente debe no solamente estar orientada al contenido, sino también orientada al desarrollo. El educador debe estar consciente del estado cognitivo actual del niño, y de los cambios cognitivos que pueden producirse con la ayuda del proceso de instrucción.

Para hacer la educación verdaderamente "desarrolladora", la enseñanza debe ser llevada a lo que Vygotski define como la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) ésta constituye un área dentro de la cual las funciones del niño se encuentran en estado de desarrollo. Las funciones y los conceptos situados "bajo" la ZDP han sido ya formados y el niño puede emplearlos independientemente. "Sobre" la ZDP hay funciones no relevantes que pueden ser desarrolladas a través de la enseñanza en un momento dado del desarrollo del niño.

"Dentro" de la ZDP existen las funciones en su estadio germinal. No pueden ser mostradas por el mismo alumno, debido a que no han sido formadas aún, pero si el alumno recibe ayuda de un adulto o de un par más competente estas funciones pueden desplegarse como un logro de tal acción cooperativa. Uno de los roles primarios del maestro es identificar la ZDP de cada alumno y de afinar la enseñanza de tal modo que el aprendizaje del alumno tenga lugar dentro de esta zona. Simultáneamente el maestro debe trabajar en extender el límite "superior" de la ZDP del niño.

La enseñanza orientada a la ZDP tiene dos formas mayores. Una de ellas está dirigida al uso y desarrollo de las funciones situadas "dentro" de la ZDP con una meta última de convertirlas en funciones plenamente dominadas por los mismos estudiantes. El segundo tipo de instrucción está dirigido a construir o extender la ZDP en aquellos estudiantes cuya ZDP no es suficientemente "profunda" e incluye enseñar a los estudiantes

las estrategias del aprendizaje cooperativo, por ejemplo: enseñarles cómo recibir ayuda del maestro durante la resolución de problemas.

La otra manera como la ZDP ha sido conceptualizada por Vygotski (1986) es como un "espacio" dentro del cual cotidianamente las nociones empíricas del niño encuentran sistemáticamente los conceptos teóricos proporcionados por el maestro. En relación con la capacitación del maestro esto supone dos retos. Uno de ellos es preparar a los mismos maestros para utilizar los conceptos teóricos, en lugar de los conceptos cotidianos, y ser capaces de distinguirlos.

De acuerdo con el modelo de Vygotski la enseñanza teórica debería empezar en la escuela primaria. Por ejemplo, en vez de enseñar a los niños cómo contar objetos, con la esperanza de que de ésta manera adquirirán la noción de número, los seguidores de Vygotski proponen empezar con la formación de la noción de número como una relación universal o derivada de la actividad de medir un valor con la ayuda de otro elegido como estándar. Al niño se le enseña, por ejemplo, que la longitud de un sofá puede ser expresado como "una escoba" o "seis cocodrilos de juguete". Se ha demostrado que la noción de número como un concepto universal, en vez de ser relacionado con el conteo de objetos concretos, facilita grandemente un mayor aprendizaje de los conceptos matemáticos incluyendo aquellos de las fracciones y los números negativos.

El segundo reto para la capacitación de docentes dada por la teoría de Vygotski es la construcción de actividades adecuadas a la edad, para la enseñanza de conceptos teóricos. Los seguidores de Vygotski hacen una distinción importante entre aprendizaje en un sentido genérico y el diseño especial de una actividad de aprendizaje. Mientras que el aprendizaje en un sentido genérico puede llegar a ser parte de muchas actividades humanas, como el juego, las actividades prácticas, las interacciones interpersonales, etc.

La actividad de aprendizaje incluye cuatro componentes mayores: tareas de aprendizaje, operaciones, control y auto-evaluación. Es importante comprender que una tarea de aprendizaje no coincide con ejercicios concretos de lectura o escritura, o de problemas matemáticos.

La adquisición de las operaciones incluye la fase de formación de alguna imagen preliminar de tales operaciones y el intento de llevarlas a cabo.

El último componente de la actividad de aprendizaje es el control y la auto-evaluación del alumno. El estudiante está orientado hacia la evaluación del éxito en el dominio del principio general aplicable a todos los problemas de su tipo, más que a tareas específicas.

La enseñanza basada en los principios de las actividades de aprendizaje no es solamente apropiada a la edad respecto a la complejidad de los materiales de aprendizaje, sino, además, en relación con las interacciones de estudiante a estudiante y de estudiante y maestro. Por ejemplo, en la escuela media se utiliza un modelo especial de aprendizaje cooperativo que refleja las necesidades interpersonales especiales de los adolescentes de esta edad.

En los últimos tiempos en América Latina se presenta una situación económico-social que ha favorecido y condicionado el redescubrimiento de ambos autores, propiciando la aparición del Constructivismo Post-piagetiano que, retoma a Piaget, lo une con algunas ideas de Vygotski y se nutre además de los teóricos del procesamiento de la información. De éstos últimos toma el análisis procesal de la construcción del conocimiento, estudiando las funciones de la memoria, el pensamiento, la metacognición en el aprendizaje.

Como consecuencia de las transformaciones económicas que sufre América Latina después de la segunda guerra mundial, los gobiernos del área asumen responsabilidades crecientes en la educación. Se habla de la necesidad de formación y desarrollo del "capital humano", lo que orienta la política educativa de estos países que, además, reciben el apoyo de diversas organizaciones internacionales para su realización.

Esta política tuvo resultados positivos tales como, la reducción del analfabetismo, tasas crecientes de escolarización, multiplicación de instituciones de formación de maestros y profesores y ampliación del acceso a las enseñanzas media y superior. Pero también tuvo resultados negativos como, la hipertrofia y burocratización de los aparatos escolares, elevación de los gastos presupuestarios sin que mejoraran los índices de eficiencia educativa, aplicación de reformas coyunturales y asimilación acrítica de concepciones y proyectos foráneos.

Además, esta política entró en crisis con los modelos económicos que las sustentaban, lo que permitió el desarrollo de los modelos neoliberales que se extienden por la región. Los efectos que estos modelos tienen sobre la educación pueden resumirse en: reducciones del presupuesto para la educación, privatización de los servicios de enseñanza, descentralización administrativa, financiera y técnica, tendencia a la municipalización y sus consecuentes deformaciones, aumento de los costos para los alumnos, devaluación del contenido y rol del maestro.

Como una reacción ante esta situación aparece este movimiento de corte constructivista que tienen características que pueden resumirse en tres postulados:

- Principio epistemológico del constructivismo piagetiano, que se extiende también a la esfera de las emociones, necesidades y de la personalidad en general.
- Principio semántico, que revaloriza y enfatiza la importancia del lenguaje en el proceso de aprendizaje, como vía de la expresión de la determinación social, a través de lo grupal. La interacción no es sólo del sujeto con el medio, sino que es del sujeto con el medio, del sujeto con el grupo y del grupo con el medio.
- La construcción del conocimiento se produce en un contexto social, de espacio y tiempo.

Estas ideas constructivistas se están convirtiendo en principio explicativo no sólo del proceso de aprendizaje, del conocimiento, del desarrollo psíquico humano, sino que también se extienden a la comprensión del desarrollo social, de lo histórico, entre otras cosas. Esto representa uno de los aspectos negativos de este movimiento, es decir, la amplitud de su aplicabilidad resulta demasiado grande. Otro aspecto negativo es el eclecticismo, se toman elementos de diferentes autores y concepciones que no son

valorados, ni obedecen a una integración verdadera. Sin embargo, hay valores indiscutibles en este movimiento entre los que destacaría el rescate de la subjetividad, de la actividad, participación del sujeto en su propio crecimiento, así como la consideración de lo grupal en este desarrollo y la flexibilidad de sus explicaciones.

A manera de conclusión, entendamos al ser humano como un ente que se forma en una práctica concreta, en un sistema de relaciones humanas con las que interactúa dialécticamente; que refleja creadoramente su realidad y a partir de ese reflejo, determina conscientemente su actuación en ella; que tiene necesidades individuales y sociales integradas. Este hombre debe ser capaz de autodeterminarse y protagonizar su proceso de crecimiento y plena realización personal.

Otros autores importantes del constructivismo.

El constructivismo está orientado por Vygotski y Ausubel a que los alumnos adquieran un aprendizaje significativo, es decir, la adquisición perdurable de conocimientos, habilidades y actitudes aplicables en la vida de una persona. Cuando el aprendizaje no es significativo, el alumno llega a considerar al mundo de la escuela, como algo completamente separado de su propio mundo personal y que sólo se trata de datos inservibles, cuestión que es alimentada por la vida virtual que el alumno lleva en la realidad.

Moshman (1982) señala tres categorías de la teoría constructivista, a saber; constructivismo exógeno, endógeno y dialéctico. El constructivismo exógeno se considera al conocimiento como las estructuras que verdaderamente se encuentran en el mundo externo, es decir, el individuo reconstruye la realidad externa elaborando representaciones mentales precisas. De esta manera, con esta teoría el aprendizaje consiste en construir estructuras mentales exactas que reflejan la forma en que en realidad son las cosas del mundo. Esta teoría tiene como premisa, que el conocimiento se adquiere por la construcción de una representación del mundo exterior. La enseñanza directa, la retroalimentación y las explicaciones influyen en el aprendizaje. El conocimiento es preciso en la medida en que refleja la “forma en que son las cosas” en el mundo exterior, el ejemplo de esta teoría es el “procesamiento de información”.

El constructivismo endógeno destaca que los individuos construyen su propio conocimiento al transformar y reorganizar las estructuras cognoscitivas que ya poseen. Esta corriente supone, que el conocimiento se abstrae del conocimiento anterior y no es moldeado por la organización precisa del mundo externo. El conocimiento se adquiere a medida que las viejas estructuras cognoscitivas se hacen más coordinadas y útiles. Piaget en las teorías de las etapas del desarrollo cognoscitivo es un ejemplo del constructivismo endógeno. La premisa de esta teoría, sobre el aprendizaje y el conocimiento, destaca que el conocimiento se adquiere al transformar, organizar y reorganizar el conocimiento previo. El conocimiento no es un espejo del mundo externo, aunque la experiencia influye en el pensamiento y éste en el conocimiento. La exploración y el descubrimiento son más importantes que la enseñanza.

El constructivismo dialéctico sugiere que el conocimiento se incrementa partir de las relaciones entre factores internos (cognoscitivos) y externos (ambientales y sociales).

Como ejemplo de esta teoría podemos citar a Bandura (1986, 1993, 1995, 1997) que trata las acciones recíprocas de las personas, las conductas y los ambientes. Por su parte Vygotski describe el desarrollo cognoscitivo mediante la internalización y el uso de herramientas culturales como lo es el lenguaje, siendo este, otro ejemplo de constructivismo dialéctico. En este caso, la premisa que se maneja, con respecto al aprendizaje y conocimiento señala que el conocimiento se construye sobre la base de las interacciones y la experiencia.

El conocimiento refleja al mundo externo filtrado e influido por la cultura, el lenguaje, las creencias, la relación con los demás, la enseñanza directa y el modelamiento. El descubrimiento guiado, la enseñanza, los modelos y el entrenamiento, así como el conocimiento previo, las creencias y el pensamiento influyen en el aprendizaje.

Muchas ideas, tales como, la naturaleza constructiva de la memoria, la resolución de problemas, la creatividad, el pensamiento y el aprendizaje por descubrimiento, son congruentes con las posturas constructivistas (Polya, Schoenfeld y Ausubel)

Si bien existen diferentes corrientes del constructivismo, éstas en común, recomiendan:

- Enfrentar a los alumnos con situaciones difíciles y difusas con problemas mal estructurados. Esto se debe a que en el mundo real, fuera de la escuela, presenta pocos problemas simplificados o direcciones detalladas. Estos problemas deberán conformar sus actividades que deben ser auténticas que los acercarán al mundo real.
- Valorar la colaboración en el aprendizaje a través de los procesos mentales superiores desarrollados en el trato social, lo que hace indispensable que se hablen y se escuchen mutuamente.
- Los alumnos deberán tener diferentes puntos de comparación y no contar con un solo esquema que tienden a sobre simplificar aplicando ese único esquema a cualquier situación. Para la solución de problemas deben usar analogías, ejemplos y metáforas diversas (Polya y Schoenfeld)
- El constructivismo enseña de forma implícita a comprender el proceso de construcción del conocimiento y esto ayuda a los estudiantes a comprender sus propios procesos metacognoscitivos para hacerlos conscientes de la función que cumplen en la construcción del conocimiento y moldean su pensamiento.

En la actualidad, las teorías constructivistas del aprendizaje y la enseñanza han adquirido una influencia considerable. El método constructivista encuentra apoyo para su aplicación en los campos de la psicología, filosofía, antropología, la enseñanza de las ciencias y las matemáticas y la tecnología educativa. “Aunque hay varias interpretaciones del significado de la teoría constructivista, casi todas coinciden en suponer un cambio

notable en el interés de la enseñanza al colocar en el centro de la empresa educativa los esfuerzos del estudiante por entender (Prawat, 1992)”.

Las Ciencias de la Educación forman parte de sistemas sociales que son más amplios que ellas. Estos sistemas sociales, cualesquiera que sean, tienen un conjunto de leyes y regularidades que influyen en el proceso educativo a partir de la concepción general del mismo, de los resultados que se esperan de él y de otros muchos aspectos que los caracterizan.

La influencia social en la educación no sólo se da sobre el proceso educativo en su devenir, sino también sobre los que intervienen en él, maestro y alumno, por cuanto ambos son seres sociales que se interrelacionan entre sí y con otros seres humanos. Por esta razón, entre otras, para comprender y más aún para solucionar, y dirigir muchas de las situaciones que el maestro enfrenta en el aula, con su alumnado, es necesario conocer y valorar el contexto social en el que se insertan los alumnos, la escuela, y el propio maestro. En consecuencia con esto, el sistema educativo como soporte concreto de la educación tiene una estrecha vinculación con las necesidades sociales que son las que en última instancia definen sus funciones.

La práctica educativa cotidiana responde a la ideología de la clase dominante y por eso la escuela trasmite los valores de esta clase, que intenta mantenerse en el poder. Esto niega la aspiración de los sectores más progresistas de la sociedad que luchan por transformar la educación, para que contribuya realmente al progreso social. Es por eso que las ideas humanistas han cobrado una enorme fuerza en la mayoría de las concepciones educativas de la actualidad que en algunos casos comienzan ya a trascender, en cierta medida, a la práctica concreta de las instituciones.

Una expresión de esto es que en los últimos tiempos el término constructivismo ha cobrado un extraordinario auge como paradigma explicativo del proceso de aprendizaje. Este fenómeno obedece, entre otras cosas, al rescate de la subjetividad, de la participación activa del sujeto por las ciencias psicológicas y pedagógicas, en estas tendencias humanistas modernas, que se distinguen por su carácter progresista.

El constructivismo se ha tomado como punto de partida porque es una alternativa relativamente novedosa y diferente de enfocar el proceso educativo, desde la óptica de la escuela nueva nacida a inicios del siglo XX como respuesta a la educación tradicional. La educación así concebida, ha demostrado ser ineficiente para las condiciones socioeconómicas de la época moderna. La característica más universal de este periodo es su incesante cambio, que afecta a todos los sectores económicos, instituciones sociales y personas que se vinculan a ellas. Esto obedece al desarrollo de las fuerzas productivas que es provocado, entre otras cosas, por el progreso tecnológico y la aplicación de la ciencia a la producción.

El grado de competitividad a lograr, basado en los niveles de producción (cantidad y calidad), con indicadores mundiales, son el eje central del desarrollo moderno. Los paradigmas de progreso tienden hacia la conformación de bloques regionales que enfrenten los elevados gastos de investigación y desarrollo. Se necesita entonces, una fuerza laboral

que tenga cada vez más preparación técnica, con sólidos valores que sea capaz de autorregularse dentro de ciertos límites.

También en la contemporaneidad existe un conjunto de problemas globales y de necesidades sociales generales, tales como, la supervivencia del género humano, en primer lugar, la conservación de los logros de la cultura creada por el hombre, la transformación y desarrollo hacia mejores condiciones de vida para toda la humanidad. Estos ponen su impronta en todos los modelos educativos de una u otra forma.

Por otra parte, las condiciones unipolares de hoy, con la creciente desigualdad socioeconómica entre los países desarrollados y emergentes condicionan, la diferencia en las ideas sobre la educación, su función social y su instrumentación real.

Todas estas condiciones requieren de un hombre capaz de enfrentarse crítica e independientemente al enorme cúmulo de conocimientos existentes, que sepa tomar decisiones, que sea cada vez más creativo y autodeterminado; participante comprometido de diversas transformaciones técnicas, científicas, económicas y sociales.

Bajo la denominación de constructivismo se agrupan diversas tendencias, escuelas psicológicas, modelos pedagógicos y prácticas educativas. De forma general es una idea, un principio explicativo del proceso de formación y desarrollo del conocimiento humano, y de su aprendizaje. Este principio plantea que el conocimiento humano es un proceso dinámico, producto de la interacción entre el sujeto y su medio, a través del cual la información externa es interpretada por la mente que va construyendo progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos y potentes que le permiten adaptarse al medio.

El constructivismo como categoría incorporada, con más o menos aceptación a las ciencias psicológicas y pedagógicas (entre otras), está condicionado socio-históricamente y su contenido se ha modificado y ha reflejado los matices filosóficos, económicos, sociológicos, políticos y científicos de las ideas predominantes en un momento dado. A su vez, la forma de comprender el constructivismo ha tenido implicaciones importantes en el terreno de la práctica educativa y en la propia teoría pedagógica.

Teniendo este objetivo general, la educación debe ser un proceso:

- Vinculado con la vida, permanente, flexible, participativo, alternativo, ajustado al contexto en el que transcurre, pudiendo trascenderlo, transformarlo.
- Donde el ser humano es el centro, puesto que éste no aprehende la cultura de forma mecánica, sino que la reconstruye subjetivamente a partir de sus necesidades, posibilidades y particularidades.
- En el que se da la plena unidad de lo cognitivo y lo afectivo, de lo instructivo y lo educativo, garantizando la construcción por parte del sujeto de su propio conocimiento, de sus valores y modos de actuación personal, que sean eficientes.

- Donde se integren junto a la escuela, para educar, la familia, la comunidad, la sociedad en general y el propio sujeto.
- Que capacite a la persona para decidir de forma independiente y responsable los cursos de su existencia.

En esta educación existe una relación dialéctica entre la enseñanza y el aprendizaje comprendidos como:

- Aprender, es el proceso de apropiación de la experiencia histórico-social, en el cual el individuo construye su psiquis, su personalidad, de una forma activa y personal.
- Enseñar es posibilitar y orientar la participación del alumno en el proceso de apropiación y reconstrucción de los conocimientos y en el desarrollo de sus aprendizajes de vida, para contribuir a su auto-crecimiento, a su perfeccionamiento personal y a la transformación social.

Todo esto se concreta en la situación de aprendizaje entendida como el espacio donde se da la relación dialéctica entre el aprender y el enseñar, en un sistema de acciones y de comunicación.

Esta situación de aprendizaje posee, en esencia, las siguientes características:

1. Tiene dos aspectos o componentes esenciales, que interactúan constantemente, lo referido al texto de la situación: objetivos, contenidos, métodos, medios que conforman un sistema que responde al modelo social del cual parte. Un segundo componente, el contexto o aspecto dinámico que involucra a los sujetos participantes, maestros y alumnos, espacios y tiempos de dicha situación.
2. Centrada en el estudiante como persona.
3. Basada en la relación existente entre lo individual, grupal, lo institucional y social.
4. Que permite construir contenidos, métodos, medios, espacios, tiempos y límites.

De manera práctica esto equivale a que se consideren las necesidades del alumno, se utilicen sus experiencias, que se trabaje con técnicas productivas y participativas, que vivencie, reflexione y decida sobre su estilo de aprendizaje y actuación.

Premisas de la teoría constructivista aplicables a este trabajo.

1. **El conocimiento.**- Cuerpo cambiante de conocimiento construido individualmente en un mundo social donde éste se refiere a los grupos de teoría y de laboratorio. Esto es parte de lo que los individuos construyen juntos entendiéndose esto como un conocimiento construido en un ambiente que propicie la colaboración del alumnado y del profesorado.

En este sentido el lugar físico y el equipo con el que cuenta el laboratorio presenta las condiciones apropiadas para llevar a efecto la colaboración necesaria entre el educador y el educando.

2. **El aprendizaje.-** Trata la forma de una construcción activa, se reconstruye el conocimiento previo adquirido en el grupo de teoría. Ocurre mediante diversos procesos que lo vincula con lo previamente aprendido acerca de la asignatura. Recordemos que ésta tiene antecedentes obligatorios y por lo tanto cuenta con conocimientos previos a su abordaje. Este documento contará con un cuestionario por cada práctica, que tiene como fin que el alumno traiga al presente los conocimientos necesarios para la ejecución adecuada de las prácticas correspondientes.

3. **La enseñanza.-** Esta se llevará a cabo de acuerdo a cuestionamientos a través de la clase, guiando al alumno, de esta manera, hacia una comprensión más completa. Siempre bajo la perspectiva educador-educando y educando-educador.

4. **La función del maestro.-** A lo largo de este trabajo sostendremos que la función del maestro no puede reducirse ni a la de simple transmisor de la información ni a la de facilitador del aprendizaje, en el sentido de concretarse a arreglar un ambiente educativo enriquecido, esperando que los alumnos por sí solos manifiesten una actividad auto estructurante o constructiva. Antes bien, el docente se constituye en un organizador y mediador en el encuentro del alumno con el conocimiento. Además el maestro debe:

- Dominar la ciencia, los contenidos que imparte.
- Ser capaz de desarrollar una actitud científica ante los problemas y situaciones de la vida material y social, evaluar crítica y constructivamente su realidad, conjugar la experiencia cultural universal y la autóctona para operar con eficiencia.
- Estar motivado por su trabajo y hacia el conocimiento en general.
- Que domine y utilice un conjunto de métodos de enseñanza y educación que le permitan cumplir su función en el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Ser honesto y digno de confianza.

Como resultado de un proceso así concebido, los alumnos y los maestros serán cada vez más reflexivos e independientes, críticos y flexibles, motivados y comprometidos, seguros y creativos.

Actualmente, en los círculos académicos relacionados con la preparación profesional de personal docente y el diseño de planes de estudio de educación básica o, inclusive de nivel de posgrado, se acude a las aportaciones de Vygotski, Piaget, Bruner o Ausubel, entre otros, para encontrar la solución a los problemas que se presentan en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje ya que no es común que, en esas instancias

señaladas al principio de este párrafo, se reconozca el problema del conocimiento por la falta de preparación de los docentes en el área educativa.

5. **La función de los maestros.**- Esto podría tomarse como una estrategia de enseñanza donde podrían interactuar planteándose preguntas y estimulando el pensamiento. En nuestro caso, los alumnos intervendrán, en un gran porcentaje de todo el proceso de ejecución de cada una de las prácticas.

6. **La función del estudiante.**- Recae en la construcción activa (en la mente) pensando, explicando, interpretando y cuestionando.

Capítulo II.

Marco metodológico.

El objetivo general del trabajo es elaborar y probar el documento que sirva como base para el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje de la signatura Hidráulica de Canales. Para llegar a la comprobación de que el material didáctico propuesto cumplió con la expectativa que plantea la tesis, se idearon dos instrumentos: por un lado la aplicación de un cuestionario a los alumnos inscritos en el laboratorio. Y por otro lado, se realizaron entrevistas rápidas al azar.

El cuestionario se conformó por una serie de diez preguntas siguiendo muy de cerca lo que plantea el modelo constructivista y sobre lo que los alumnos perciben de este documento. El cuestionario se aplicó a la totalidad de grupos y alumnos que estuvieron oficialmente inscritos en el semestre 2007-II y a los grupos que actualmente se encuentran a mi cargo en el semestre corriente (2008-I) ambos hicieron un total de cinco grupos que a su vez fueron conformados por 50 alumnos en su totalidad (promedio de 10 alumnos por grupo) tanto en el turno matutino como el vespertino.

Las respuestas vertidas en los cuestionarios, según las instrucciones, consistieron en responder con un sí o con un no y cada afirmación o negación debería ser acompañada por su argumentación.

Cuando se les solicitó a los alumnos que respondieran el cuestionario se les remarcó que sus respuestas tenían la finalidad de mejorar el documento y, por lo tanto se les solicitaba que fueran honestos y que actuaran con responsabilidad ya que de esta manera ellos (los alumnos) colaborarían con el Programa de Ingeniería para obtener un manual que coadyuvara a mejorar el proceso enseñanza aprendizaje de la asignatura Hidráulica de Canales y sobre todo que trascendería para las siguientes generaciones. Se piensa que de esta manera los alumnos no se verían obligados a darle un sesgo a la investigación al sentirse comprometidos y responder como forma de congratularse con el profesor.

En cuanto a las entrevistas rápidas, se hizo labor, al igual que en la aplicación de la encuesta, de tal suerte que los alumnos se sintieran con la confianza necesaria para poderle dar validez y confianza a los resultados obtenidos. El número de entrevistas fue de treinta y además fueron realizadas al azar dentro de los grupos señalados con anterioridad.

Enseguida se presenta el manual de procedimientos para la ejecución de las prácticas del laboratorio de la asignatura Hidráulica de Canales para la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán.



Facultad de Estudios Superiores

Acatlán

Prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales.

PRÁCTICA No 1

“AFORO DE UN CANAL”

Objetivo.

El alumno determinará la cantidad de fluido que pasa por la sección transversal de un canal utilizando diferentes métodos.

Consideraciones teóricas.

El ingeniero civil, en diferentes ocasiones tiene la necesidad de **cuantificar** el agua que está pasando por un lugar determinado. Por ejemplo, el **gasto** o **caudal** que podemos aprovechar para el abastecimiento de agua que brota de un manantial o la cantidad de agua que pasa en un río de grandes dimensiones. También podemos cuantificar la cantidad desalojada del líquido ya sea por el sistema de alcantarillado o un canal que conduce aguas negras.

Un **canal** es una estructura que sirve para conducir un líquido de un lugar a otro por efecto exclusivo de la acción de la gravedad. Otra definición puede ser: cualquier conducto que permita una superficie libre para el líquido. Un tubo, que es cerrado físicamente, transporta el líquido que se desplaza en su interior y este se encuentra sometido únicamente a la presión atmosférica por lo que recibirá el nombre de **conducto cerrado** que trabaja como un canal. Y que, además, puede trabajar parcial o a tubo lleno

La **diferencia** que existe entre un canal y una tubería descansa en que los canales trabajan a la presión atmosférica existente en el lugar y las tuberías trabajan a una presión que puede ser entregada por un equipo de bombeo.

Los elementos hidráulicos que se utilizan para el cálculo del gasto son, el **tirante** del flujo que es la distancia medida perpendicularmente desde el fondo hasta la superficie libre del agua y que por lo general se le asigna la letra Y .

El **tirante hidráulico** se define como T y es igual al cociente entre A y B donde B es el ancho de la superficie libre del agua. Para un canal rectangular $B = b$ donde b es el ancho de la plantilla del canal. Cabe señalar que con una simple operación se puede establecer que T es igual a Y en un canal de forma rectangular. Veamos:

$$T = \frac{A}{B} \text{-----} 1$$

Donde B para un canal rectangular es igual a b entonces la ecuación toma la forma:

$$T = \frac{A}{B} = \frac{A}{b}$$

Y , como: $A = bY$

Finalmente queda:

$$T = \frac{bY}{b} = Y$$

Otros elementos importantes son; el **área hidráulica**, perpendicular a la dirección del movimiento del flujo que identifica con la letra A ; El **perímetro mojado** P que es la longitud de la superficie sólida del canal en contacto con el líquido; la **pendiente de la plantilla** del canal S .

El **Radio Hidráulico**, representado con R_h , y se define como.

$$R_h = \frac{A}{P} \text{-----}2$$

Obsérvese que para un conducto cuya sección transversal de forma circular trabajando a tubo lleno, el área hidráulica es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \text{-----}3$$

Y, además:

$$P = \pi D \text{-----}4$$

Sustituyendo las ecuaciones 3 y 4 en la ecuación 2 nos queda de la siguiente forma:

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4} \text{-----}5$$

Las fórmulas que nos auxiliarán en la determinación del gasto, en esta primera práctica, son las siguientes:

$$Q = vA \text{-----}6$$

Que representa el **Principio de Continuidad**

Donde:

Q es el gasto en m^3/s o en l/s

v es la velocidad en m/s

A es el área hidráulica en m^2 .

Por otro lado, tenemos la **ecuación de Manning**:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{-----}7$$

Donde:

v es la velocidad media en m/s .

n es el coeficiente de rugosidad de Manning que para fines de estas prácticas tomará el valor de 0.01.

R_h es el radio hidráulico, en m .

S es la pendiente de la plantilla del canal, adimensional determinada con $S = \frac{\Delta b}{L}$.

Donde:

Δb es la diferencia de altura entre dos puntos.

L es la longitud entre los dos puntos que se toman como referencia.

Si de la fórmula 6 despejamos la velocidad e igualamos con la ecuación 7 nos queda:

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} R_b^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{-----} 8$$

De la expresión 8 se despeja el gasto y tenemos como resultado:

$$Q = \frac{A}{n} R_b^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{-----} 9$$

El aforo en un canal que tiene sección transversal accidentada, como es el caso de un cauce natural, está expuesto a cambios en la sección, en la rugosidad de sus paredes, el gasto y la acción de corrientes secundarias. También los tramos curvos, afectan la distribución de la velocidad en la sección. En el caso específico del aspecto típico de un río, el cálculo de la velocidad del flujo puede ser resuelto mediante el uso del dispositivo denominado molinete.

El método consiste en trazar una serie de líneas verticales localizadas, por su distancia a una de las márgenes, mediante una serie de marcas en un cable, sobre las que se mide la profundidad del fondo. Cada tercera línea divide a la sección en subsecciones verticales y su localización se elige de tal manera que en cada subsección, fluya no más del 10 por ciento del gasto total. La vertical intermedia coincide en forma aproximada con el centroide de la subsección y las mediciones que sobre ella se realicen tienen como área de influencia a la de la subsección.

El método anterior hace que el número de líneas verticales sea entre 20 y 30, lo cual queda también limitado por el número de mediciones de la velocidad que puede hacerse en un intervalo de tiempo razonable que es función de la rapidez de cambio en el nivel del agua con el caudal.

Si calculamos la **velocidad media** con los datos generados en la vertical mayor observamos que casi 0 es la misma velocidad que se obtiene en esa misma vertical a una profundidad de **0.6Y** ver la figura 1.1 . El promedio de la velocidad, a profundidades a **0.2Y** y **0.8Y** es un valor más preciso cuando ésta es suficiente para efectuar la medición.

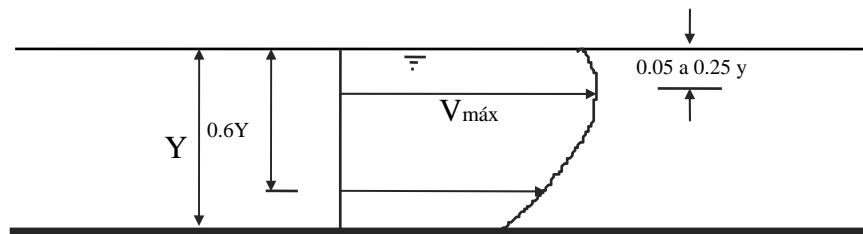


Figura 1.1 Distribución de velocidades en un canal (velocidad media)

La distribución de la velocidad se modifica bastante en los lados interior y exterior de una curva, por la acción de las **corrientes secundarias** generadas en los lados señalados.

Primer método. Usando un vertedor.

Un **vertedor** es una obstrucción que se dispone en un canal, el tirante sobre el vertedor se relaciona con el gasto volumétrico. Existen vertedores de **pared delgada** y de **pared gruesa**, los principales **tipos de vertedores** de pared delgada son: el rectangular sin contracciones, el rectangular con contracciones y el triangular.

Se puede **construir un vertedor** con una lámina metálica o de triplay, recortándole la sección de la forma deseada, por ejemplo, la figura 1.2 que muestra un vertedor de forma triangular.

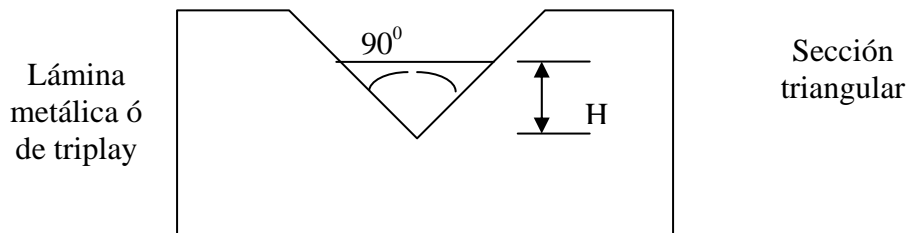


Figura 1.2 Vertedor triangular.

Considere un vertedor que se instala en el interior de un canal en dirección perpendicular al flujo de agua, de manera que el caudal pase sobre el vertedor. Para conocer la cantidad de fluido que pasa por esta sección transversal se usa el siguiente procedimiento; se mide la carga H , ver figura 1.1; y se sustituye en la ecuación característica del vertedor, el gasto así calculado, es el mismo que circula por el canal.

Por existir una curvatura en la superficie del líquido a medida que se acerca a la caída de agua o salida del vertedor, la H se mide a una distancia mínima de $3B$ (B es el ancho de la superficie libre del agua) medida del vertedor hacia aguas arriba.

Para un vertedor triangular usaremos la ecuación:

$$Q = CH^n \text{ -----10}$$

Donde:

n es el exponente que prácticamente es igual a $\frac{5}{2}$

C es el coeficiente que depende de las características del vertedor, consultar bibliografía. $C = 1.32$, $n = 2.48$ cuando el ángulo en el vértice es $\theta = 90^\circ$

Para efecto de nuestra práctica usaremos un vertedor triangular de pared delgada con el vértice es de 90° .

Adosado al tanque al final del canal, encontraremos un **tubo de vidrio** transparente, que nos brinda la oportunidad de medir la carga sobre el vértice del vertedor, hasta la superficie libre del agua H , utilizando para tal fin el flexómetro.

Este vertedor, se encuentra al final de un pequeño tanque, que para su mantenimiento y limpieza tiene una serie de orificios, mismos que debemos inspeccionar y sellar antes de hacer la medición.

Procedimiento del primer método.

1. Asegurarse de que no existan fugas de agua en el tanque de agua.
2. Dejar pasar un flujo de agua y esperar a que se estabilice (cuando el tirante sea constante)
3. Medir con el flexómetro la distancia que existe entre el vértice del triángulo del vertedor y la superficie libre del tanque. Esto se hace midiendo la distancia que hay entre la muesca del tubo de vidrio adosado al tanque y el menisco que se forma en el interior del tubo, esta distancia es H que es la carga sobre el vértice del vertedor, en m:

$H =$, como $C = 1.32$ y $n = 2.48$, por tanto, sustituyendo estos valores en la ecuación 10 obtenemos el gasto:

$$Q = CH^n \text{ Por lo que el gasto es } Q =$$

Segundo método. Usando el tubo de Pitot..

El **tubo de Pitot** mide la carga de velocidad en el punto donde se coloca la boquilla del instrumento. La manera correcta de colocar el dispositivo es en contracorriente, como se ilustra la figura 1.2.

El fluido se introduce a través de la boquilla hasta que la presión desarrollada en el interior del tubo sea la suficiente para resistir el impacto de la velocidad del escurrimiento, es decir, que se equilibra la presión hidrostática con la presión de estancamiento.

Es importante señalar que, debido a la distribución de velocidad en un canal, conviene hacer la medición a una profundidad de $0.6Y$ o bien hacer un promedio de las velocidades correspondientes a $0.2Y$ y $0.8Y$, donde Y es el tirante de la sección considerada, la medida de h debe hacerse sobre el eje del canal.

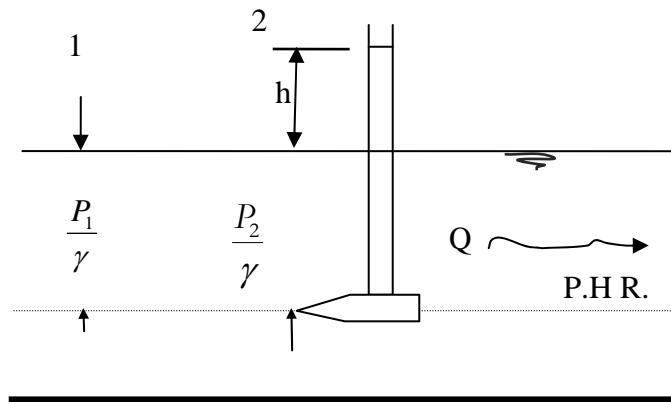


Figura 1.3. Presión de estancamiento en el tubo de Pitot.

Procedimiento del segundo método.

1. Conservar el caudal del método anterior.
2. Dar al canal una pendiente positiva casi nula.
3. Dar suficiente tirante para hacer mediciones, esto se puede lograr subiendo la compuerta del canal.

4. Hacer las mediciones de: $h_{0.2Y} =$ $h_{0.6Y} =$ $h_{0.8Y} =$.

5. Calcular las velocidades correspondientes con la ecuación 12 considerando los datos del punto 4:

$v_{0.6Y} =$ $\frac{v_{0.2Y} + v_{0.8Y}}{2} =$.

6. Calcular el área hidráulica A , para tal efecto el tirante que debemos considerar es aquel formado en la sección transversal donde se fue utilizado el tubo de Pitot:

$A = bY$, como $b = 0.2m$, entonces $A = 0.2Y =$

7. Ahora, con las velocidades anteriores y el área hidráulica obtenida, calcúlese los gastos respectivos:

$Q_{0.6Y} =$ $Q_{0.2Y, 0.8Y} =$.

Tercer método. Usando el molinete.

El **molinete** es un medidor que, a través de su ecuación, nos da como resultado la velocidad del fluido. Se puede utilizar, en cuerpos de agua en movimiento, con suficiente tirante para su adecuada colocación.

El molinete se coloca contracorriente procurando que el cable que va hasta la batería no obstruya la libre rotación de las aspas.

Para el adecuado funcionamiento de este dispositivo, es necesario, que el canal tenga un tirante que permita desplazar verticalmente la parte móvil del dispositivo y que tenga suficiente velocidad para que provoque el movimiento de las aspas.

En nuestro caso, este tirante, se puede producir levantando la compuerta del canal ubicada en el extremo final (aguas abajo) del mismo.

Procedimiento del tercer método.

1. Se conserva el gasto de los experimentos anteriores.
2. Dar el tirante suficiente al canal para la manipulación del molinete.
3. Colocado el molinete, se hace el conteo del número de vueltas que se producen por minuto auxiliándose de los audífonos y el cronómetro. $N =$.
4. Se recurre a la ecuación previamente calibrada. Esta ecuación, por lo regular, en la parte interna de la tapa del estuche del molinete. Para nuestro dispositivo, esta ecuación es:

$$v = (0.27631N - 0.049)/60 \text{-----} 14$$

$$v = (0.27631 \times \text{-----} - 0.049)/60 = \text{-----} .$$

Donde:

v es la velocidad puntual, en m/min.

N es el número de vueltas por minuto, por lo que dividimos entre 60.

5. Calcular el área hidráulica necesaria para el cálculo del gasto. Esta área será la existente en donde fue colocado el molinete. Al medir el tirante en dicha sección no estará inmerso el molinete.

$$A = \text{-----} .$$

6. Calculada la velocidad, enseguida nos auxiliamos, de la ecuación de continuidad para obtener el gasto.

$$Q = vA = \text{-----} .$$

Cuarto método. Usando el método de sección-pendiente.

En este método nos auxiliaremos de una manguera de nivel y una regla graduada para medir la diferencia de niveles entre dos secciones.

Procedimiento del cuarto método.

1. Obtener la pendiente del canal S Esto se logra con el procedimiento siguiente:

Se toma un tramo representativo del canal, por ejemplo, dos metros centrales del modelo hidráulico, y en sus extremos se mide la diferencia de niveles auxiliándose de una manguera de nivel y el flexómetro. La manguera de nivel, para su operación, no deberá tener burbujas en su interior, no debemos tapar sus orificios y no se debe aplastar.

$$S = \frac{\Delta b}{L} = \frac{\Delta}{2} = \quad \therefore S^{\frac{1}{2}} =$$

2. Se obtiene el valor del área hidráulica y se calcula como el promedio entre las secciones transversales de los extremos antes señalados; de este modo: $Y = (Y_1 + Y_2) / 2$. Sabemos que $A = bY$ y también que b de nuestro canal tiene un valor de 0.20m, por lo que tenemos:

$$A = bY = 0.2 Y =$$

3. Como sabemos el radio hidráulico está definido por el cociente

$$R_b = \frac{A}{P} = \frac{0.2Y}{0.2 + 2Y} = \dots \therefore R_b^{\frac{2}{3}} =$$

4. El valor del coeficiente de rugosidad de Manning, para los materiales que componen nuestro canal, para efecto de este experimento, podemos considerarlo con un valor de 0.10. Con estos datos, estamos en posición de obtener el gasto en el canal con la ecuación:

$$Q = \frac{A}{n} R_b^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \quad Q = \quad .$$

Cálculos

Quinto método. Volumétrico.

Recordemos, en forma breve, que las dimensiones del gasto son tales que se obtienen unidades de volumen sobre el tiempo, por lo que, conociendo las propiedades geométricas del recipiente se puede obtener su volumen.

Por otro lado, debemos señalar que este método sirve para conocer gastos relativamente pequeños. El flujo que vamos a medir es el que se tiene en la válvula de nariz que se encuentra en el laboratorio.

Procedimiento del quinto método.

1. Colocar bajo la llave de nariz el recipiente que utilizaremos.
2. A una señal, abrir repentinamente la llave y con un cronómetro obtener el tiempo utilizado, se sugieren 15 segundos. No es necesario llenarlo totalmente.
3. Dado que el recipiente tiene forma geométrica conocida procedemos a medir con el flexómetro la profundidad que tiene desde la superficie libre del agua hasta el fondo del recipiente, en metros.

$h =$

4. Vaciamos el contenido de nuestro recipiente y volteándolo midamos su diámetro interior.

$D =$

5. Usando el diámetro procedamos a calcular el área del círculo con la expresión:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi}{4} \times \text{_____}^2 =$$

6. Conocida el área y la profundidad de llenado, podemos conocer el volumen vertido en un lapso de tiempo, de tal manera que si dividimos el volumen de agua obtenido entre el tiempo, tendremos:

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{V}{t} = \frac{Ab}{t} = \quad \therefore Q =$$

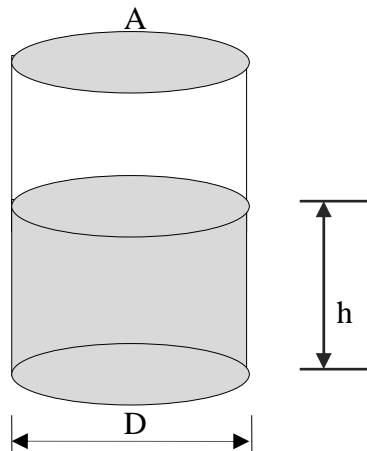


Figura 5. Método volumétrico

Cálculos.

Material y equipo.- Molinete, cronómetro, flexómetro, recipiente de geometría conocida, tubo de Pitot, manguera de nivel, escuadra de 90°.

Cuestionario práctica 1

1. ¿Qué es un canal?

2. ¿Cuál es la diferencia entre un canal y una tubería?

3. ¿Cuáles son los elementos hidráulicos necesarios calcular el gasto?

4. ¿Cómo se utiliza el tubo de Pitot?

5. ¿Cómo se utiliza el molinete?

6. ¿Explica brevemente el método de aforo en un canal natural?

7. ¿Cómo podemos calcular la velocidad promedio en función del tirante?

8. En un cauce natural ¿dónde se ubica la velocidad media?

9. ¿Qué es un vertedor?

10. ¿Cómo puedo construir un vertedor en forma rápida?

PRÁCTICA No. 2

“CLASIFICACIÓN DEL FLUJO”

Objetivo.

El alumno identificará los diferentes tipos de flujo en un canal.

Consideraciones teóricas.

La clasificación fundamental de un flujo en un canal, para los fines que persigue el ingeniero civil, se basa principalmente en los siguientes criterios o características físicas; como son la densidad, el tiempo, el espacio, la viscosidad y la gravedad. Así, de esta manera, se tienen siguientes formas de clasificar los flujos: como compresibles e incompresibles, en tipos y estados de flujo de acuerdo al comportamiento de los mismos.

Debemos señalar que la clasificación de los tipos de flujo como son; el flujo permanente y no permanente, se generan por una parte, cuando utilizamos el **tiempo** como criterio. Se dice que es **flujo permanente** cuando la velocidad media, en una sección dada, permanece constante al paso del tiempo o en un lapso de tiempo predeterminado de lo que se desprende que, el tirante permanece constante en cualquier instante, o en un lapso de tiempo predeterminado ver figura 2.1. Cuando sucede lo contrario se dice que se trata de un **flujo no permanente** o **impermanente** en este caso si hay variación en el tirante, debido al cambio del gasto en el canal, en un intervalo de tiempo especificado, ver figura 2.2.

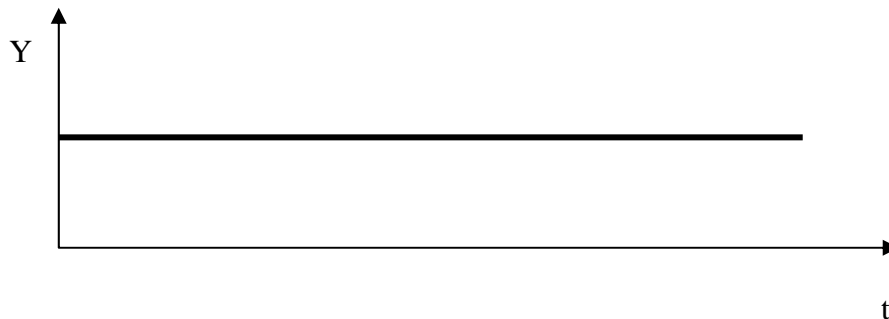


Figura 2.1 Gráfica característica del flujo permanente.

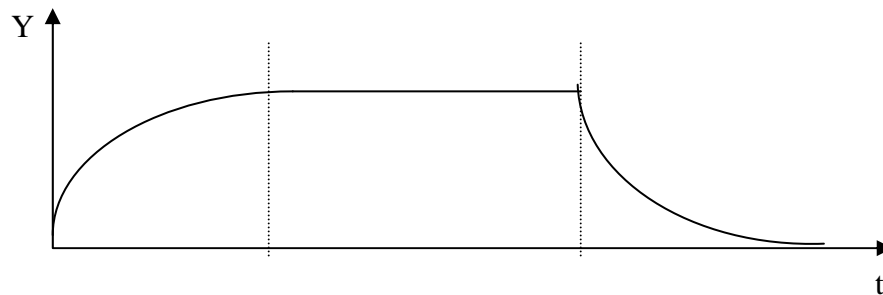


Figura 2.2 Gráfica característica del flujo no permanente.

Las **ecuaciones fundamentales** para flujo permanente en escurrimientos a superficie libre y que caracterizan a este flujo son:

- El principio de continuidad.
- Ecuación de la energía (Teorema de Bernoulli)
- Ley del impulso o de la cantidad de movimiento.

Si utilizamos al **espacio** como parámetro de clasificación, encontraremos al **Flujo uniforme**, que es un caso particular del flujo permanente. Éste se genera cuando se presenta el equilibrio entre la fuerza resultante que se opone al paso del fluido sobre el perímetro mojado del canal, y por otra parte, la componente que es paralela a la pendiente de la plantilla del canal de la fuerza generada por el peso de un volumen de control de agua. También, en este caso, todas las secciones del canal tienen exactamente las mismas características hidráulicas estas condiciones se presentan solo en canales prismáticos de sección constante.

Cabe mencionar que el tirante de este caso, y solo en este caso, toma el nombre de **tirante normal** Y_N y su cálculo se hace por medio de iteraciones, por gráfica (ver anexo) o directamente por fórmula si las condiciones lo permiten.

En este tipo de flujo la pendiente de la línea de energía de fricción (S_f), la pendiente de la superficie libre del agua (S_a) y la pendiente geométrica del canal (S_o), son iguales, ver figura 2.3.

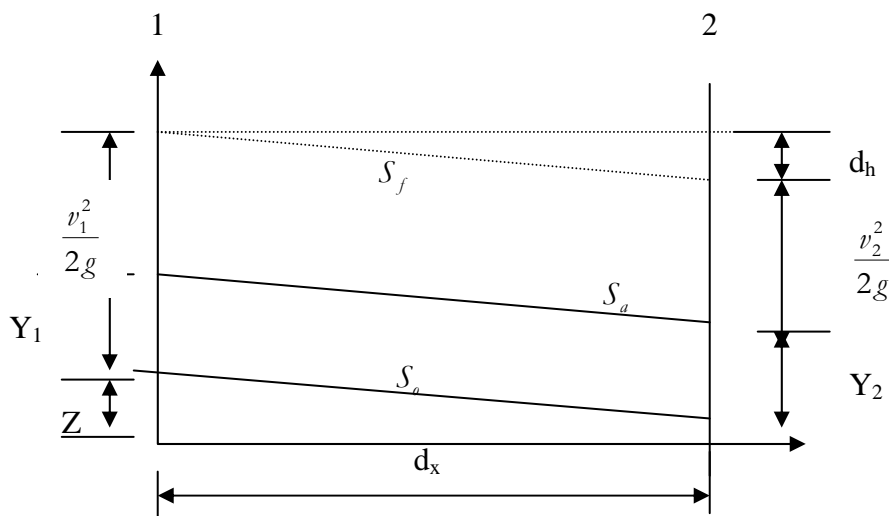


Figura 2.3 Flujo uniforme.

De igual manera, otro flujo que se puede presentar considerando al **tiempo** como parámetro de clasificación es el **Flujo variado** este se presenta si la velocidad a lo largo del canal cambia y en consecuencia las pendientes S_o , S_a y S_f son diferentes. Este flujo puede ser clasificado, a su vez, como **gradual**, **rápida** o **espacialmente variado**.

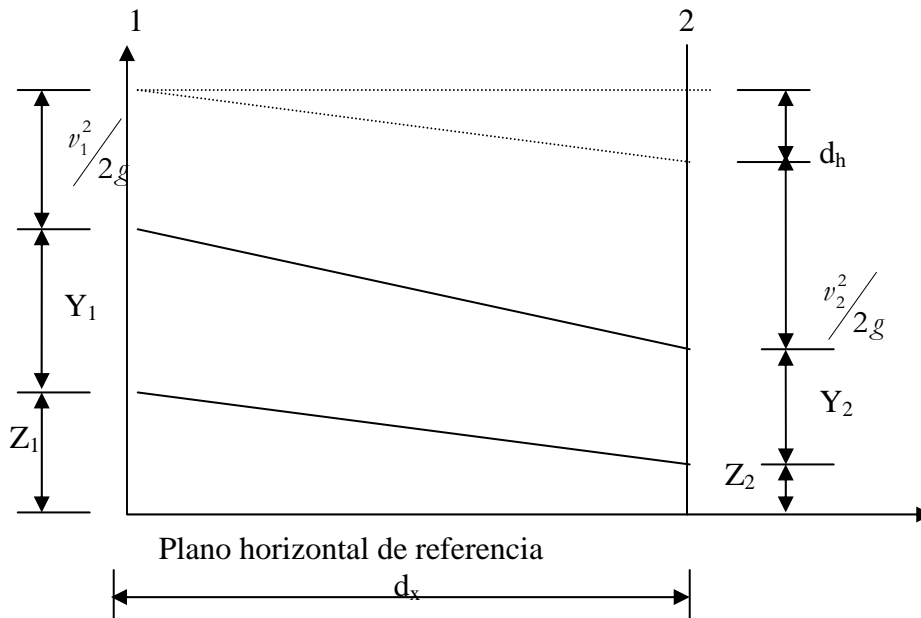


Figura 2.4 Flujo gradualmente variado.

El comportamiento de un flujo en un canal, se encuentra gobernado, principalmente por los efectos de las fuerzas viscosas y de gravedad, con relación a las fuerzas de inercia internas del flujo.

De acuerdo con los efectos de la **gravedad**, sobre un flujo, se requiere de un parámetro que relacione las fuerzas de inercia con las fuerzas de gravedad. Este parámetro es el número, (adimensional), de **Froude**, Fr , y se encuentra dado, por la relación:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gT}} \text{-----} 1$$

Donde:

v es la velocidad media en m/s.

g es la aceleración de la gravedad en $\frac{m}{s^2}$

Usando esta definición, el flujo **crítico** se representa cuando $Fr=1.0$ Los flujos **subcríticos** por valores de Fr menores que la unidad, y los flujos **supercríticos** por valores de Fr mayores que la unidad.

Con relación al efecto de la **viscosidad**, el flujo puede ser laminar, de transición o turbulento. La importancia de la fuerza viscosa se mide a través del número de Reynolds R_e , definido en este caso como:

$$R_e = \frac{vRh}{\nu} \text{-----}2$$

Donde:

Rb es el radio hidráulico de la sección, en m.

v es la velocidad media en la sección en m/s.

ν es la viscosidad cinemática del agua en $\frac{m^2}{s}$

El **flujo es laminar**, si las fuerzas de inercia, son menores a las fuerzas viscosas, esto sucede si el valor del número de Reynolds, toma un valor menor de 500.

Si el valor del número de Reynolds, es mayor de 2000, se dice que el **flujo, es turbulento**, siendo las fuerzas de inercia mucho menores a aquellas que se oponen al movimiento del fluido.

Se ha definido un intervalo, en el que el comportamiento del **flujo es de transición**, definido entre los valores 500 y 2000.

Identificando las trayectorias de las partículas fluidas, mediante el desarrollo de un flujo turbulento, estas son totalmente erráticas, existiendo componentes de velocidad transversal a la dirección del movimiento de la corriente del flujo, las que generan un mezclado intenso de las partículas fluidas, y con la cual, se tienen el desarrollo de fuerzas de fricción internas importantes. Si se inyectase colorante, en este caso, se observaría de inmediato la total disolución del mismo.

No es recomendable utilizar el criterio de Reynolds, debido a que, éste parámetro considera, que la viscosidad “compite” con la velocidad, y puesto que, en condiciones normales, la viscosidad cinemática es despreciable ($1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), el número de Reynolds, en la mayoría de los casos, nos proporcionaría flujos turbulentos, y sólo en casos muy especiales, se logran obtener flujos laminares.

Material y equipo a utilizar.

Limnómetro, azul de metilo, cronómetro, jeringa hipodérmica.

Procedimiento.

1. Darle al canal prismático una pendiente positiva casi nula.
2. Con el cronómetro listo, un alumno se dispondrá a medir el tiempo, y cada cuatro segundos señalará el tiempo transcurrido en múltiplos de cuatro segundos. Este conteo dará inicio cuando inicie el paso del agua por la sección seleccionada del canal.

3. Simultáneamente al cronometraje, otro alumno apuntará la lectura del tirante que estará a cargo de un tercer estudiante.

4. Con la lectura del tirante a través del tiempo tendremos una tabla como la que sigue

Tiempo s	Tirante m	Tiempo s	Tirante m
0		36	
4		40	
8		44	
12		48	
16		52	
20		56	
24		60	
28		64	
32		68	

Tabla de registro.

5. Con estos datos, el alumno, podrá graficar obteniendo, una curva como la señalada en la gráfica 2.2.



6. En esta curva, se podrán observar, tanto el flujo permanente, como el no permanente. El alumno marcará dichos flujos.

7. Obtener la velocidad del flujo con cualquiera de los métodos antes vistos.

8. En la gráfica, donde el tirante se hace constante, el alumno, podrá calcular el número de Froude, para indicar el régimen de flujo existente, en esa zona. Este cálculo se hace utilizando la expresión 1, recordando que $T = Y$ para un canal rectangular, tenemos:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gT}} = \frac{v}{\sqrt{9.81Y}} = \quad \therefore \text{trata de un régimen}$$

9. Para observar al flujo laminar, alimentar al canal con un gasto pequeño, esperando el tiempo necesario para que sea constante.

10. Inyectar el colorante (azul de metilo), aguas arriba del vertedor. Si el flujo laminar no se presenta disminuir el gasto.

11. Obtenido el flujo laminar, se medirá su velocidad con cualquiera de los métodos ya conocidos.

12. Calcular el número de Reynolds, utilizando la fórmula:

$$R_e = \frac{vRh}{\nu} = \frac{v \left(\frac{A}{P} \right)}{1.10 \times 10^{-6}} = \frac{v \left(\frac{0.2Y}{0.2 + 2Y} \right)}{1.10 \times 10^{-6}} = \frac{\left(\frac{0.2 \text{ _____}}{0.2 + 2 \text{ _____}} \right)}{1.10 \times 10^{-6}} =$$

\therefore Se trata de un flujo: _____

Cálculos.

Cuestionario práctica 2.

1. ¿Cuál es la clasificación del flujo, considerando el tiempo como un parámetro?

2. ¿Cuál es la clasificación del flujo considerando el espacio como un parámetro?

3. ¿Cuál es la clasificación del flujo considerando la fuerza de gravedad como un parámetro?

4. ¿Cuál es la clasificación del flujo considerando la viscosidad del fluido como un parámetro?

5. ¿Qué es la viscosidad cinemática?

6. Explique el número de Froude.

7. Explique el número de Reynolds.

8. Explique el flujo uniforme.

9. Explique el flujo turbulento.

10. ¿Cuál es la característica principal del flujo crítico?

PRÁCTICA No 3

“COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES”

Objetivo.

El alumno obtendrá los coeficientes de corrección de la distribución de velocidad Coriolis α y Boussinesq β .

Consideraciones teóricas.

Cuando nos vemos frente a la necesidad de conocer la velocidad con que está viajando un fluido en un canal abierto, o a través de un conducto cerrado trabajando como canal, estaríamos tentados a recurrir, en forma errónea, al siguiente procedimiento; colocar un cuerpo flotante sobre la superficie libre del agua y midiendo el tiempo que toma en pasar de un punto a otro, dividir el espacio recorrido entre el tiempo en el que transcurrió dicho recorrido y afirmaríamos que esa es la velocidad del fluido.

Imaginemos por un momento un cuerpo de agua, el cual se encuentra sometido a varios **fenómenos**, como lo son; la traslación y rotación de la tierra sobre su eje, el desplazamiento de la tierra en conjunto con la Galaxia, la fuerza de atracción de los cuerpos celestes sobre los cuerpos de agua, además, de las velocidades secundarias inducidas por las deformaciones o cambios de dirección del conducto. Todos estos fenómenos influyen directamente en el desarrollo de la velocidad del fluido.

En el ejercicio de la ingeniería se llevan a cabo procedimientos para el cálculo de la velocidad media de un fluido (práctica 1) los valores obtenidos de esta manera son prácticamente aceptables, sin embargo, si tuviésemos la necesidad de tener un valor más preciso de la velocidad del fluido en un conducto, tendríamos que corregir la velocidad media obtenida.

Si observamos la figura 3.1, notamos que, la zona donde ocurre la **máxima velocidad**, se localiza prácticamente sobre la vertical que tiene mayor profundidad, y a una distancia, de entre 0.05 y 0.25 del tirante, desde la superficie libre del agua hacia abajo. Así mismo, la **velocidad media**, se localiza, a una profundidad aproximada de 0.6 del tirante, y ésta a su vez, es el promedio de velocidad a 0.2 y 0.8 del tirante, o bien, entre 0.8 y 0.95 de la velocidad superficial.

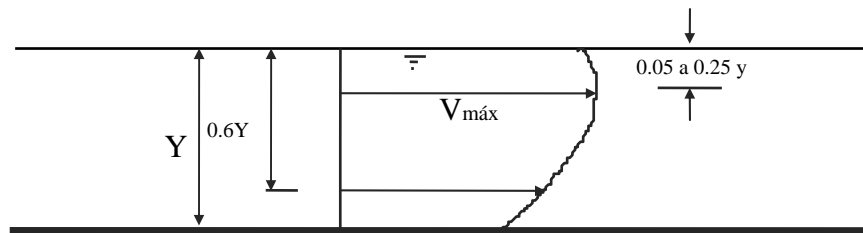


Figura 3.1 Distribución de velocidades sobre una vertical en la sección de un canal.

En la práctica, por lo general, cuando una descarga Q fluye a través del área de una sección transversal, es diferente la velocidad de flujo de las partículas en cada punto del área. Las **velocidades más altas** se encuentran en la porción central de la sección, mientras que cerca de las fronteras incluso la velocidad puede ser **nula**, ver figura 3.2.

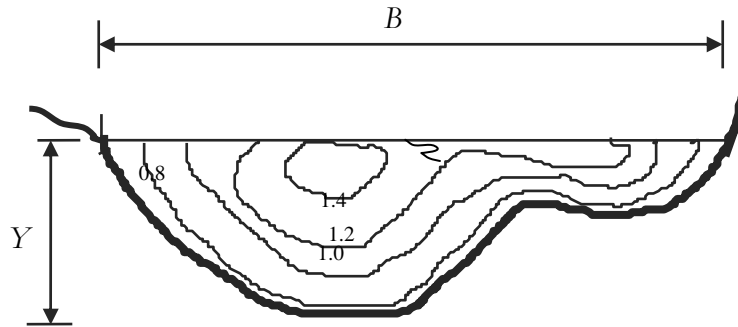


Figura 3.2 Distribución de velocidades en la sección transversal de un río.

Con todo lo anterior es clara la **no-uniformidad** de la distribución de velocidades en la sección transversal de un canal, por lo que, en consecuencia se deberá utilizar, a manera de corrección, los **coeficientes de Coriolis y de Boussinesq**, ya sea que se utilice la ecuación de la energía, o la de la cantidad de movimiento. En efecto, al calcular la **altura o carga de velocidad** del escurrimiento, de un canal abierto, como, $v^2 / 2g$ que es la energía cinética que posee la unidad de peso, obtenemos valores menores de la carga de velocidad “real”, por lo que se debe corregir el valor calculado por medio de un coeficiente $[\alpha]$, tal que, la carga de velocidad sea afectada quedando:

$$\frac{v^2}{2g} = \alpha \frac{v^2}{2g} \text{ -----} 1$$

Donde:

α es el coeficiente de energía o de Coriolis, que corrige el error que surge por considerar el valor medio de la velocidad. El valor de este coeficiente, varía entre 1.03 y 1.36

De la misma forma, al usar el principio de momentum, al estudio del flujo a través de un canal, se debe corregir el efecto de la distribución irregular de velocidades, en la sección mediante un coeficiente $[\beta]$, tal que:

$$\frac{\gamma Q v}{g} = \beta \frac{\gamma Q v}{g} \text{-----}2$$

Donde:

β Coeficiente de momentum o coeficiente de Boussinesq. El valor de este coeficiente varía entre 1.01 y 1.12.

γ es el peso específico del agua.

Q es la descarga o gasto.

v es la velocidad media.

g es la aceleración de la gravedad.

Para efecto de esta práctica utilizaremos las siguientes expresiones:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^3 a_i}{v^3 A_T} \text{-----}3$$

$$\beta = \sum_{i=1}^n \frac{v_i^2 a_i}{v^2 A_T} \text{-----}4$$

Donde en ambas expresiones

a_i es área parcial.

v_i es la velocidad puntual tomada con el tubo de Pitot.

v es la velocidad media.

A_T es el área total.

La evaluación de los coeficientes α y β , requiere del conocimiento previo de la distribución de velocidad en cada sección, en la mayoría de los problemas de hidráulica, los escurrimientos son turbulentos y es común considerar que $\alpha = \beta = 1.0$.

Debemos considerar que, se inducirá, a un error sobre todo en aquellos escurrimientos turbulentos, y en los que existan problemas locales que modifiquen el perfil de velocidades. Al respecto Kolupaila propone la siguiente tabla:

Canales	valores α			valores de β		
	mín	medio	máx	mín	medio	máx
Canales regulares, acueductos, vertedores	1.10	1.15	1.20	1.03	1.05	1.07
Ríos naturales y torrentes	1.15	1.30	1.50	1.05	1.10	1.17
Ríos una cubierta de hielo	1.20	1.50	2.00	1.07	1.17	1.33
Ríos de valle con Cauca de inundación	1.50	1.75	2.00	1.17	1.25	1.33

tabla 3.1 valores de α, β según Kolupaila.

Equipo a utilizar.

Limnómetro, flexómetro, tubo de Pitot rústico, escuadra de 90°.

Procedimiento.

1. Elevar la compuerta del extremo del canal, tal que, funcione como vertedor, asegurándose de que no existan fugas.
2. Colocar el canal, con pendiente casi nula, esperando el tiempo necesario para que se estabilice el flujo.
3. Seleccionar alguna parte central del canal para realizar las mediciones de velocidad con el tubo de Pitot.
4. En la sección escogida, de acuerdo al tirante, se traza una retícula imaginaria, ver figura 3.3, de tal forma que se mida la velocidad en cada área parcial a_i .

Cálculos.

Cálculos

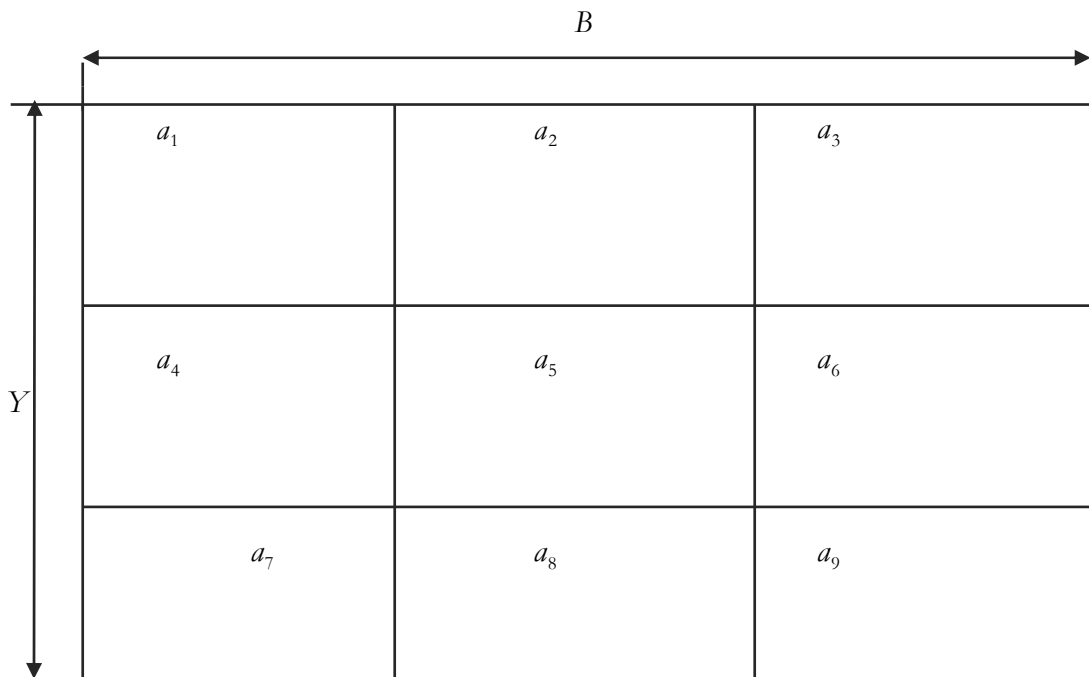


Figura No 3.3

5. Calcular la velocidad media con cualquiera de los procedimientos aprendidos en la práctica 1. Se sugiere el método del vertedor.
6. Obtener los coeficientes, alfa y beta, a través de las ecuaciones correspondientes:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^9 v_i^3 a_i}{v^3 A_T} = \frac{v_1^3 a_1 + v_2^3 a_2 + v_3^3 a_3 + \dots + v_9^3 a_9}{v^3 A_T} =$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^9 v_i^2 a_i}{v^2 A_T} = \frac{v_1^2 a_1 + v_2^2 a_2 + v_3^2 a_3 + \dots + v_9^2 a_9}{v^2 A_T} =$$

7. Comparar los resultados obtenidos contra la tabla 3.1.

Nota: Es importante señalar que entre más puntos de lectura se tengan y menores sean las áreas elementales o tributarias a_i , la determinación de los coeficientes será más precisa.

Cuestionario de la práctica 3.

1. ¿Qué es la distribución de velocidades en un canal?

2. ¿Para qué sirve el coeficiente de Coriolis?

3. ¿Qué es la velocidad media?

4. Explique le utilidad del coeficiente de Boussinesq.

5. ¿Qué es la velocidad real?

6. ¿Qué entiende por la carga de velocidad?

7. ¿Qué entiende por la carga de posición?

8. ¿Qué es la carga de velocidad?

9. Explique el concepto de energía cinética.

10. ¿Qué es el principio de momentum?

PRÁCTICA No. 4

“COEFICIENTE DE RUGOSIDAD”

Objetivo.

El alumno obtendrá el coeficiente de rugosidad para diferentes ecuaciones.

Consideraciones teóricas.

Los flujos a través de canales abiertos son invariablemente **turbulentos** en la práctica. Al igual que en el caso del flujo turbulento desarrollado completamente a través de un tubo, la pérdida de carga se puede escribir en función de un factor de fricción representada por la ecuación:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \text{-----1}$$

Para aplicaciones en flujo a través de canales abiertos el diámetro del tubo, D , se escribe mediante un radio hidráulico ($D = 2r = 4R_b$) y la pérdida de carga se puede escribir como una pérdida por unidad de peso, (h_f tiene dimensiones de longitud) Por lo tanto, para el flujo a través de un canal abierto, queda:

$$h_f = f \frac{L}{4R_b} \frac{v^2}{2} \text{-----2}$$

De la ecuación $S_f = h_f/L$ y la velocidad del flujo con tirante normal resulta en:

$$v = \left[\frac{8g}{f} \right]^{\frac{1}{2}} \sqrt{R_b S_f} \text{-----3}$$

El factor de fricción para la mayor parte de los canales es **función** únicamente de la rugosidad de la superficie y resulta independiente del número de Reynolds. Esto es análogo al régimen completamente rugoso del flujo turbulento a través de un tubo. Para una rugosidad dada, la ecuación 3, resulta entonces:

$$v = C \sqrt{R_b S_f} \text{-----4}$$

Donde:

v es la velocidad media del flujo en el canal.

C es el coeficiente de fricción de Chezy.

R_b es el radio hidráulico.

S_f es la pendiente del canal.

La ecuación 4 se conoce como la ecuación de Chezy. Los valores empíricos del parámetro C fueron determinados por Manning. Este investigador sugirió que:

$$C = \left[\frac{8g}{f} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{R_b^{\frac{6}{5}}}{n} \text{-----}5$$

Donde n es un factor de rugosidad que toma diferentes valores según los diferentes tipos de rugosidad en la superficie. Con esta fórmula para la constante C , la velocidad del flujo para tirante normal resulta:

$$v = \frac{1}{n} R_b^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \text{-----}6$$

Y el gasto volumétrico se puede escribir como:

$$Q = vA = \frac{A}{n} R_b^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \text{-----}7$$

La ecuación de Chezy se encontró para el caso particular de flujo uniforme. Chezy consideró que, para esta condición, la fuerza de gravedad está en equilibrio con la de fricción, al seno de un canal

El **problema del uso** de esta ecuación descansa en la determinación del coeficiente de fricción, n , que es un parámetro cuyo valor no es constante, y depende de **varios factores**, entre los cuales, podemos mencionar los siguientes:

- Rugosidad superficial, representada por el tamaño y forma de los granos del material sobre el perímetro mojado.
- Vegetación, considerada también como rugosidad superficial, en el caso de canales naturales.
- Alineación del canal, curvas que se presentan en el desarrollo del canal.
- Irregularidades en la sección, en canales naturales.
- Sedimentación y erosión, modifican la sección transversal del canal.
- Obstrucciones, tales como pilas de puentes, rejillas, etc., tienden a incrementar la rugosidad en forma local.
- Tirante y gasto, debido a que el coeficiente de rugosidad disminuye al aumentar el gasto o incrementarse el tirante (canales naturales)

Tanto en problemas de revisión, como de diseño, la **selección** de un valor del coeficiente de rugosidad, significa estimar la resistencia al flujo en un canal, es por ello que, esta estimación debe ser cuidadosa, pues se corre el riesgo de incurrir en errores de apreciación.

Debido a lo anterior, algunos investigadores, desarrollaron ecuaciones que intentan predecir el valor del coeficiente de rugosidad de Chezy. Las más conocidas son:

Autor	Fórmula	Observaciones
Ganguillet y Kutter	$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(\frac{0.00155}{S} + 23 \right) \frac{n}{R}}$	Se aconseja para canales naturales, n es un coeficiente de rugosidad.
Kutter	$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$	m = coeficiente de rugosidad R = radio hidráulico
Bazin	$C = \frac{87}{1 + \frac{B}{\sqrt{R}}}$	Basada en una buena cantidad de experiencias y es relativamente sencilla. B = coeficiente de rugosidad. R = radio hidráulico
Kozeny	$C = 20 \log y + Nc$	“ Y ” es el tirante en metros y “ Nc ” es el coeficiente de rugosidad.
Martínez	$C = 17.7 \log \frac{R}{d} + 13.6$	Se obtuvo por mediciones en ríos. “ d ” es el diámetro del grano del material en el fondo del río. $0.004m \leq d \leq 0.25m$ $0.15m \leq R \leq 2.25m$; $0.00004 \leq S \leq 0.0039$
Manning y Strickler	$C = \frac{R^{1/6}}{n}$	Fórmula aceptada mundialmente por su sencillez. “ n ” es el coeficiente de rugosidad.
Pavlovsky	$C = \frac{R^z}{n}$	Se estima que el exponente de R no es constante: $z = 1.5\sqrt{n}$ cuando $R < 1$; $z = 1.3\sqrt{n}$ si $R > 1$.

Tabla 4.1.Fórmulas para calcular C .

Para compararlo con los valores de los coeficientes propuestos en la tabla 4.2.

	Altura medida de la rugosidad, ε		
	n	Ft	mm
Canales artificiales:			
Vidrio	0.010 ± 0.002	0.0011	0.3
Latón	0.011 ± 0.002	0.0019	0.6
Acero liso	0.012 ± 0.002	0.0032	1.0
Acero pintado	0.014 ± 0.003	0.0080	2.4
Acero ribeteado	0.015 ± 0.002	0.012	3.7
Hierro fundido	0.013 ± 0.003	0.0051	1.6
Cemento pulido	0.012 ± 0.002	0.0032	1.0
Cemento no pulido	0.014 ± 0.002	0.0080	2.4
Madera cepillada	0.012 ± 0.002	0.0032	1.0
Teja de arcilla	0.014 ± 0.003	0.0080	2.4
Enladrillado	0.015 ± 0.002	0.012	3.7
Asfáltico	0.016 ± 0.003	0.018	5.4
Metal ondulado	0.022 ± 0.005	0.12	37
Mampostería de cascotes	0.025 ± 0.005	0.26	80
Canales excavados en tierra:			
Limpio	0.022 ± 0.004	0.12	37
Con guijarros	0.025 ± 0.005	0.26	80
Con maleza	0.030 ± 0.005	0.8	240
Pedregoso, cantos rodados	0.035 ± 0.010	1.5	500
Canales naturales:			
Limpios y rectos	0.030 ± 0.005	0.8	240
Amplios, aljibes profundos	0.040 ± 0.010	3	900
Grandes ríos	0.035 ± 0.010	1.5	500
Zonas inundadas:			
Terreno de pastos, labranza	0.035 ± 0.010	1.5	500
Poca maleza	0.05 ± 0.02	6	2000
Mucha maleza	0.075 ± 0.025	15	5000
Arboles	0.15 ± 0.05	?	?

Tabla 4.2. Valores experimentales del factor “n” de Manning

Material Y equipo a utilizar.

Limnómetro, flexómetro, manguera de nivel.

Procedimiento.

1. Darle al canal una pendiente positiva casi nula y determinarla con la manguera de nivel.

$$S = \frac{\Delta h}{L} =$$

2. Alimentar al canal con un gasto constante.

3. Obtener el gasto con el método que desees (te sugiero el del vertedor)

$$Q = CH^n = 1.32 \times \text{_____}^{2.48} =$$

4. Auxiliándote de la ecuación de continuidad, obtener la velocidad. El tirante por ocupar se mide en la sección donde está la escala lateral de medición del propio canal.

$$Q = vA \therefore v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0.2Y} =$$

5. Calcular el radio hidráulico con

$$(R_h)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{0.2Y}{0.2 + 2Y}\right)^{\frac{2}{3}} =$$

6. De la ecuación 7, despejamos el coeficiente de fricción de Manning.

$$n = \frac{A}{Q} R_h^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} =$$

Cálculos.

Cálculos

Nota.- el valor obtenido de n compararlo con los valores de la tabla 4.2.

Material y equipo.

Manguera de nivel, flexómetro.

Cuestionario práctica 4.

1. Por lo general ¿cómo es el flujo en un canal abierto?

2. En un canal ¿de qué es función el factor de fricción?

3. ¿Cuál es el problema del uso de la ecuación 7?

4. Menciona, por lo menos, cinco factores por lo que puede variar el valor del coeficiente de rugosidad n .

5. ¿Qué significa seleccionar un valor del coeficiente de rugosidad n ?

6. En la ecuación de Manning ¿cómo se evalúa la ecuación de Manning?

7. ¿De qué depende el valor del coeficiente de Manning?

8. ¿Se puede aplicar el diagrama de Moody en el diseño de canales?

9. ¿Cuáles son las principales restricciones para no utilizar el diagrama de Moody en el diseño de canales?

10. ¿El coeficiente de rugosidad de Manning es adimensional?

PRÁCTICA No. 5

“Curva Energía Específica-Tirante”

Objetivo.

El alumno obtendrá la curva de Energía Específica (E-Y) para un gasto constante.

Consideraciones teóricas.

La **energía específica** se define, como la cantidad de energía por unidad de peso que fluye a través de la sección de un canal, medida con respecto al fondo del canal. Es decir, que la energía específica se obtiene con la suma de las energías proporcionadas por la **altura o carga de presión** y por la **altura o carga de velocidad**, que es el tirante más la carga dinámica; con respecto al fondo del canal, por lo tanto, el valor de la energía específica queda representado con:

$$E = Y \cos^2 \theta + \alpha \frac{v^2}{2g} \text{-----}1$$

O para un canal de **pequeña pendiente** (menor a 10°) y $\alpha=1$

$$E = Y + \frac{v^2}{2g} \text{-----}2$$

Donde:

E es la energía específica, en m.

Y es el tirante de la sección, en m.

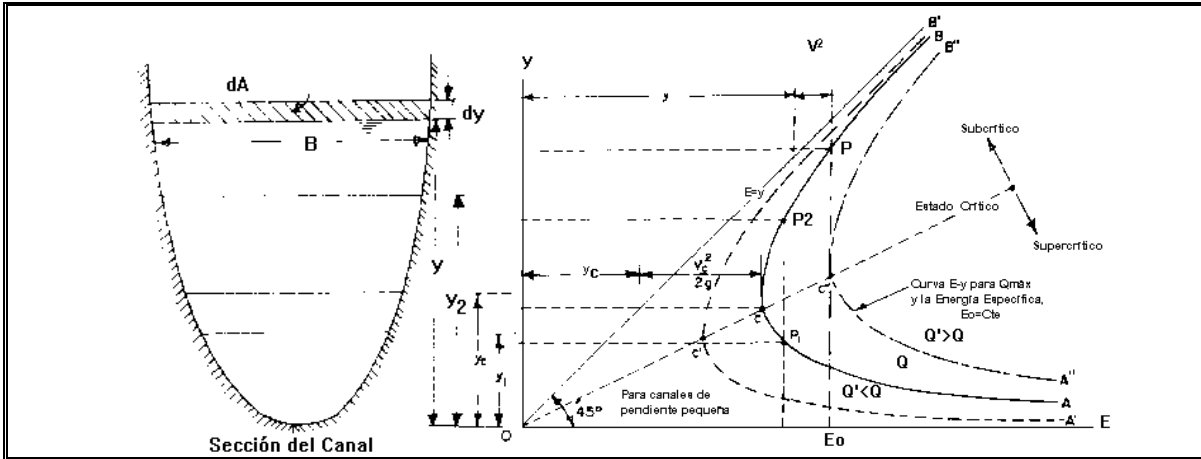
v es la velocidad media, en m/seg .

g es la aceleración de la gravedad, en m/seg^2 .

En el caso de pendiente pequeña, $\cos \theta \approx 1$, y considerando una distribución uniforme de velocidad, ($\alpha=1$) para un gasto Q constante que circula por cierta sección hidráulica A en un canal, y sabiendo que de la ecuación de continuidad $v = Q/A$, la ecuación de la energía específica, se puede escribir como:

$$E = Y + \frac{Q^2}{2gA^2} \text{-----}3$$

En la ecuación 3 se puede observar que ésta queda en función del tirante, de tal manera, que a un valor del tirante Y obtenemos el correspondiente valor de la energía específica E en la sección A seleccionada. También de lo anterior se desprende que dicha ecuación queda representada por la gráfica 5.1.



Gráfica 5.1 Curvas de la energía específica.

Obsérvese que la curva de la energía específica, se traza por debajo de la línea de energía potencial, que pasa por el origen y tiene una inclinación de 45° . También se aprecia, que existen dos valores del tirante, Y_1 para un estado de flujo supercrítico y Y_2 para un estado de flujo subcrítico, ambos para un valor de energía específica, estos tirantes reciben el nombre de tirantes **alternado menor** y **alternado mayor**, respectivamente. En cada estado de flujo, el tirante y la velocidad adquieren el nombre que corresponda (subcríticos o supercríticos)

Existe un valor mínimo de energía específica E_{\min} , para el cual, existe un sólo valor del tirante que recibe el nombre de **tirante crítico** (Y_c), para el cual, se tiene un flujo uniforme en estado crítico que fluye a una velocidad crítica (v_c), es decir, el tirante normal coincide con el tirante crítico; bajo estas circunstancias, la pendiente del canal se conoce como **pendiente crítica** (S_c) Para este estado de flujo, el número de Froude es:

$$Fr = \frac{v_c}{\sqrt{gT}} = 1 \text{ -----4}$$

por lo tanto:

$$v_c = \sqrt{gT} \text{ -----5}$$

Donde

T es el tirante hidráulico (A / B)

Que en el caso de una sección rectangular

$$T = \frac{Y_c B}{B} = Y_c \text{ -----6}$$

Para el punto característico de la curva de la energía específica, donde el flujo se encuentra en estado crítico, si aplicamos el criterio de la primera derivada ($dE/dY = 0$) en la ecuación de la energía específica, tenemos:

$$\frac{dE}{dY} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dY} \text{-----7}$$

El elemento diferencial de área en la figura 5.1 es igual a BdY ; por lo tanto, con $B = dA/dY$ la ecuación anterior, se transforma en:

$$\frac{dE}{dY} = 1 - \frac{Q^2 B}{gA^3} = 1 - \frac{v^2}{g A/B} \text{-----8}$$

Y debido a que en el laboratorio se cuenta con un canal de sección rectangular, el tirante hidráulico coincide con el verdadero tirante, entonces:

$$\frac{dE}{dY} = 1 - Fr^2, \text{ y } dE/dY = 0; \Rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \text{-----9}$$

Que es la ecuación general del estado crítico.

Por otro lado, teniendo como gasto unitario, a la relación: $q = \frac{Q}{B}$, y sustituyéndolo en la ecuación general del estado crítico, se obtiene una ecuación que permite calcular directamente el tirante crítico:

$$\frac{Q}{\sqrt{g}} = \frac{A_c^{3/2}}{B_c^{1/2}}; \frac{Q}{\sqrt{g}} = \frac{B_c^{3/2} Y_c^{3/2}}{B_c^{1/2}} \Rightarrow Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \text{-----10}$$

De la ecuación de la energía específica:

$$E_{\min} = Y_c + \frac{v_c^2}{2g} = Y_c + \frac{1}{2g} \times \frac{Q^2}{A^2} = Y_c + \frac{1}{2A^2} \text{-----11}$$

Y considerando que $A = bY$ y $B = b$ la ecuación 11 nos queda:

$$E_{\min} = Y_c + \frac{A}{2B} = Y_c + \frac{bY_c}{2b} = Y_c + \frac{1}{2} Y_c \text{-----12}$$

Quedando finalmente:

$$E_{\min} = \frac{3}{2} Y_c \text{-----13}$$

Que es la **energía mínima específica** con la que puede fluir un caudal.

La pendiente crítica, se evalúa, a partir de la ecuación de Manning y con las características del tirante crítico:

$$Q = \frac{A}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S_c^{\frac{1}{2}} \text{-----11}$$

$$S_c = \sqrt{\frac{Qn}{A_c R_{h_c}^{\frac{2}{3}}}} \text{-----12}$$

Donde:

S_c es la pendiente crítica.

Q es el gasto.

n es el coeficiente de rugosidad de Manning.

A_c es la área crítica.

R_{h_c} es el radio hidráulico.

Material y equipo a utilizar.

Limnómetro, manguera de nivel, flexómetro.

Procedimiento.

1. Dar al canal una pendiente positiva casi horizontal.
2. Obtener el gasto que circula en el canal.
3. Variar la pendiente del canal de casi horizontal hasta la posición correspondiente a 20 vueltas del volante que mueve la pendiente y anotar el tirante formado. Repetir este procedimiento por 10 veces de esta manera obtendremos 10 coordenadas que nos definirán parte de la curva de la energía específica.

Cálculos

Cálculos

6. Obtener la curva teórica de la energía específica para cada valor obtenido en la tabla de resultados. Este paso se podrá hacer en una calculadora graficadora o en casa en papel milimétrico.

Cuestionario práctica 5.

1. ¿Qué es energía específica?

2. ¿Qué es la altura o carga de presión?

3. ¿Qué es la altura o carga de velocidad?

4. ¿Qué se considera como pendiente pequeña?

5. ¿Qué son los tirantes alternados?

6. ¿Qué es el tirante crítico?

7. ¿Cuándo se dice que el tirante normal coincide con el tirante crítico?

8. ¿Qué es la pendiente crítica?

9. ¿Qué es la energía específica mínima?

10. ¿Cómo son los elementos hidráulicos en el régimen crítico?

PRÁCTICA No 6.

“SALTO HIDRÁULICO”.

Objetivo.

El alumno generará, medirá y verificará las características de los tipos de salto hidráulico.

Consideraciones teóricas.

El **salto hidráulico**, es ejemplo, del flujo rápidamente variado y **ocurre** cuando la variación del tirante se presenta en un tramo relativamente corto con gran disipación de energía, y que es independiente de las pérdidas por fricción. Asimismo el salto hidráulico tiene lugar cuando hay un cambio de régimen supercrítico a subcrítico, pasando por el régimen crítico.

Las maneras de **generar** un salto hidráulico son tres; en canales controlados por compuertas, al pie de un vertedor cimacio y en canales donde súbitamente cambia la pendiente de la plantilla del canal de pronunciada a una pendiente horizontal.

Debido a la gran variación de la velocidad media, entre los dos extremos del salto, y al hecho de que no se requiere conocer los cambios de energía interna, es adecuado, el uso del principio de la cantidad de movimiento (función momentum)

La ecuación de la cantidad de movimiento en un cuerpo libre o volumen de control se deriva de la segunda ley de Newton. Se conoce como cantidad de movimiento de un elemento de masa m , al producto de ésta por su velocidad.

La **segunda ley de Newton** establece que la suma vectorial de todas las fuerzas F que actúan sobre una masa de fluido es igual a la rapidez del cambio del vector lineal, es decir:

$$F = ma \text{ -----1}$$

Como a está dada por $\frac{dv}{dt}$ la ecuación 1 nos queda:

$$F = m \frac{dv}{dt} \text{ -----2}$$

Pasando la diferencial del tiempo al otro miembro nos queda:

$$Fdt = mdv \text{ -----3}$$

En la ecuación 3 se puede señalar que mdv es la cantidad de movimiento y Fdt es el impulso.

Integrando la ecuación 3.

$$F \int_1^2 dt = m \int_1^2 dv \text{-----4}$$

Como el flujo es permanente la diferencia del tiempo toma un valor t .

$$Ft = m(v_2 - v_1) \text{-----5}$$

Despejando F de ecuación 5:

$$F = \frac{m}{t}(v_2 - v_1) \text{-----6}$$

Pero también sabemos que: $\rho = \frac{m}{V} \therefore m = \rho V$, por lo que la ecuación 6 queda:

$$F = \frac{\rho V}{t}(v_2 - v_1) \text{-----7}$$

Y como $Q = \frac{V}{t}$

$$F = \rho Q(v_2 - v_1) \text{-----8}$$

Pero $\rho g = \gamma \therefore \rho = \frac{\gamma}{g}$ por lo que la ecuación 8 nos queda:

$$F = \frac{\gamma}{g} Q(v_2 - v_1) \text{-----9}$$

Para realizar el **análisis del salto hidráulico**, se requiere hacer las siguientes consideraciones:

- El canal es horizontal y de sección constante.
- Se desprecia la resistencia de fricción originada en la pared del canal, debido a la poca longitud en que se desarrolla el salto.
- Dentro del tramo, no existe ningún obstáculo que pudiera ocasionar una fuerza de empuje dinámico desde el exterior.
- Se considera que la distribución de velocidades es prácticamente uniforme y que los coeficientes $\beta_1 = \beta_2 = 1$.

Las **características** del salto hidráulico son:

La **longitud del salto hidráulico** se define como la distancia medida entre la sección de inicio y la sección inmediatamente aguas abajo en que termina la zona de turbulencia. Según el U.S. Bureau of Reclamation (USBR), la longitud del salto en un canal rectangular horizontal varía de acuerdo a la tabla 6.1, en la cual F_1 es el número de Froude en la sección 1, L es la longitud del salto y Y_2 es el tirante conjugado mayor.

F_1	1.7	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8	10
$\frac{L}{Y_2}$	4.00	4.35	4.85	5.28	5.55	5.80	6.00	6.10	6.12	6.10

Tabla 6.1 Longitud del salto en canales rectangulares según USBR.

La **pérdida de energía** se obtiene: $\Delta E = E_1 - E_2$.

Su **eficiencia**, valuada como $\frac{E_2}{E_1}$ dada en % siendo: $E = Y + \frac{v^2}{2g}$.

Tipos de salto.- Cuando el salto hidráulico ocurre en la descarga del vertedor ó a la salida de una compuerta, o bien, cuando la pendiente del canal cambia bruscamente de supercrítica a subcrítica, entonces, se dice que el salto es **normal e ideal**, por lo cual los tirantes conjugados son ideales Y_{1i} , Y_{2i} ; en el tramo de régimen subcrítico el tirante normal es $Y_N = Y_{2i}$, ver la figura 6.3.

Sin embargo, el salto puede desplazarse hacia la derecha ó izquierda con respecto al salto normal.

Si el tirante conjugado mayor, Y_{2i} es mayor que el tirante normal, entonces el salto se desplaza hacia aguas abajo, y se dice que el salto es **barrido**, como se aprecia en la figura 6.3b. Por último si $Y_{2i} < Y_N$ se presentará un **salto ahogado** que se ilustra en la figura 6.3c.

Cálculos.

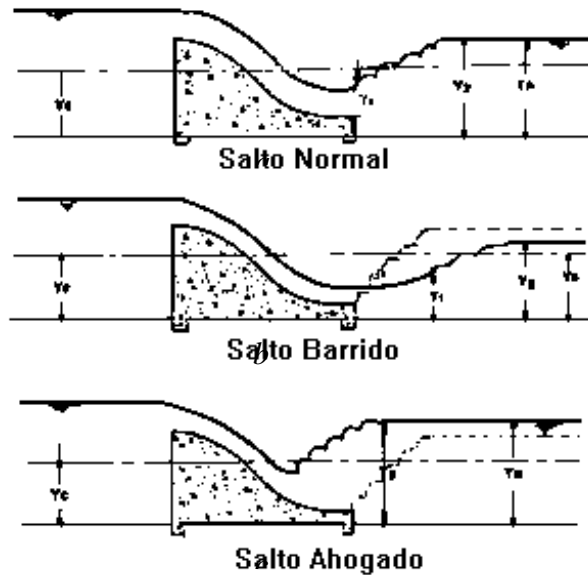


Figura 6.3 Clasificación del salto hidráulico de acuerdo a su localización.

Material y equipo a utilizar.

Limnómetro. Vertedor Creager. Flexómetro. Esfera de unicel. Manguera de nivel.

Procedimiento.

1. Colocar el vertedor Creager, en una sección cercana al punto medio del canal cuidando que no se presenten fugas en las paredes de contacto o la plantilla del canal.
2. Dar a la plantilla del canal una pendiente positiva casi horizontal y hacer circular el agua por el canal.
3. Obtener el gasto que circula en el canal.
4. Con la compuerta del canal hacer que el agua se remanse hasta obtener el salto deseado.
5. Con la esfera de unicel ubicar el punto donde termina el salto hidráulico y registrarlo.
6. Registrar los datos señalados en la tabla de resultados.
7. Regresar al punto 4 y repetir el proceso para los tres tipos de saltos.
8. Comparar los resultados obtenidos con los resultados teóricos.

	Y_1	Y_2	L	ΔE	% Eficiencia
Salto barrido					
Salto normal					
Salto ahogado					

Tabla de resultados.

Cálculos

Cuestionario de la práctica 6.

1. - ¿Qué es un salto hidráulico?

2. - ¿Cuándo ocurre el salto hidráulico?

3. - ¿Qué usos prácticos tiene un salto hidráulico?

4. - ¿Cómo se puede generar un salto hidráulico?

5. ¿Por qué se utiliza la ecuación de momentum en el cálculo del salto hidráulico?

6. ¿Qué establece la segunda ley de Newton?

7. ¿Cuáles son las consideraciones que se deben hacer para el análisis hidráulico de un salto?

8. Define la longitud del salto hidráulico.

9. ¿Cuáles son los tipos de salto?

10. ¿Para qué es necesario saber la longitud de un salto hidráulico?

PRÁCTICA No 7.

“IDENTIFICACIÓN DE PERFILES”.

Objetivo.

El alumno identificará y clasificará los tipos de perfiles en flujo gradualmente variado.

Consideraciones teóricas.

Un **flujo variado** puede clasificarse para su mejor análisis en rápidamente variado y lenta o gradualmente variado. Por presentarse con mayor frecuencia, estudiemos el **flujo gradualmente variado**, que se caracteriza porque el tirante cambia a lo largo del canal en forma imperceptible en una distancia pequeña, como se ilustra en la figura 7.1, en ésta se muestra un perfil de un canal con flujo gradualmente variado, veamos:

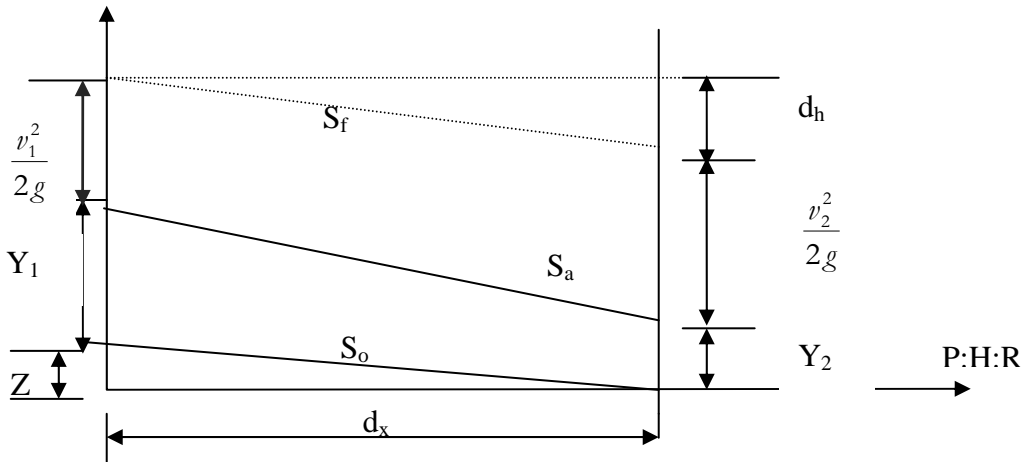


Figura 7.1 Flujo gradualmente variado.

En la sección 1 la energía vale $E_1 = Z_1 + Y_1 + \frac{v_1^2}{2g}$ a partir de un plan horizontal de referencia (PHR), de modo que al aplicar el principio de Bernoulli entre las secciones 1 y 2, tenemos:

$$Z_1 + Y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = (Z_1 - d_z) + (Y_1 + d_y) + \left(\frac{v_1^2}{2g} + d \frac{v^2}{2g} \right) + d_b \text{-----1}$$

Que simplificando queda:

$$0 = -d_z + d_y + d \frac{v^2}{2g} + d_b \text{-----2}$$

El valor de cada uno de estos términos, depende de la separación d_x entre las secciones 1 y 2, por ello podemos escribir:

$$0 = -\frac{d_z}{d_x} + \frac{d_y}{d_x} + \frac{d}{d_x} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{d_b}{d_x} \text{-----}3$$

Por otro lado, sabemos que:

$$S_o = \frac{d_z}{d_x}, \text{ y también que } S_f = \frac{d_b}{d_x}, \text{ que sustituidos en la ecuación 3, y considerando}$$

$$\text{que: } \frac{d}{d_x} \left(Y + \frac{v^2}{2g} \right) = \frac{d_E}{d_x}, \text{ finalmente, nos queda:}$$

$$\frac{d_E}{d_x} = S_o - S_f \text{-----}4$$

Analicemos esta última ecuación diferencial que nos permite estudiar el flujo gradualmente variado. Primero, convengamos que S_o puede ser nula o positiva, si la dirección del flujo coincide con la pendiente, y S_o será negativa en caso de que el flujo sea contra la pendiente de la plantilla del canal. Es claro que la diferencia $(S_o - S_f)$ puede tomar los valores positivo, negativo y cero. Para éste último caso, significa que, $(S_o = S_f)$, que es el caso particular del flujo uniforme. Cuando esa diferencia es positiva significa que el flujo se frena hacia aguas abajo, y cuando es negativo, el flujo se acelera.

En realidad, hay cinco **valores característicos de la pendiente del canal** (supercrítica, subcrítica, crítica, nula y negativa), y para cada una de ellas el régimen puede ser subcrítico, supercrítico o el caso especial crítico. De esta manera llegamos a contabilizar hasta doce perfiles diferentes entre sí, a saber:

Pendiente subcrítica.- $S_o < S_c$ o pendiente suave, que en inglés, se escribe **mild**; de esta palabra se toma la primera letra **M** para clasificar los posibles perfiles de flujo que ocurran con esta pendiente.

En la figura 7.2 se muestran los tirantes normal y crítico que le corresponden a una pendiente mild, que nos permite identificar las tres zonas en las cuales se pueden alojar los diferentes perfiles.

Pendiente nula.- $S_o = 0$, de la palabra en inglés **horizontal** se toma la primera letra **H** para clasificar los posibles perfiles que ocurran con esta pendiente.

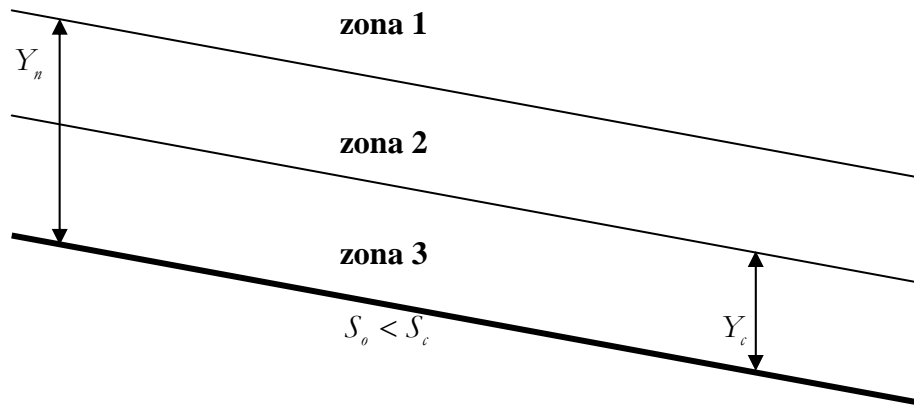


Figura 7.2 Zonas de alojamiento de perfiles.

Por convención se le llama **zona tres** a la región limitada por la plantilla y el tirante más cercano a ésta (normal o crítico) La **zona dos** es la región que tiene por fronteras los dos tirantes teóricos (normal o crítico) y la **zona uno** que se encuentra sobre la zona dos.

Con semejante convención se identifican y se nombran los perfiles de flujo gradualmente variado, a saber; el M1 es el perfil que se aloja en la zona uno, el M2 se trata de un perfil que se aloja en la zona dos y el M3 en la zona tres.

Pendiente supercrítica.- ($S_o > S_c$) de la palabra en inglés **sleep** se toma la primera letra **S**, para identificar los perfiles generados con este tipo de pendiente. De manera análoga que en el inciso anterior se procede a clasificar estos perfiles.

Pendiente crítica.- ($S_o = S_c$) de la palabra en inglés **critical** se toma la primera letra **C**, para llevar a cabo la identificación de los perfiles que se producen en este tipo de pendiente. En este tipo de pendiente, puesto que el tirante normal es igual al crítico, se entiende que se superponen eliminando, de esta manera, la zona dos. Por lo tanto solo tendremos las zonas uno y tres que dan origen a los dos tipos de perfiles, el C1 y el C3.

Pendiente adversa o negativa.- ($S_o < S_c$) de la palabra en inglés **adverse** se toma la primera letra **A**, para identificar los perfiles generados con este tipo de pendiente

Material y equipo a utilizar.

Limnímetro, flexómetro.

Procedimiento.

1. Darle al canal una pendiente positiva casi nula.
2. Levantar la compuerta del canal cuidando de no tener fugas laterales y de plantilla.
3. Dejar pasar un gasto por el canal y esperar a que se estabilice.

4. Obtener el gasto con el método que se desee.
5. A partir de los primeros 60 cm de la compuerta hacia aguas arriba medir los tirantes a cada 50 cm hasta el final del canal. Registrar los datos en la tabla:

06		2.5		4.5	
1.0		3.0		5.0	
1.5		3.5		5.5	
2.0		4.0		6.0	

6. Obtener el tirante crítico. $Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} = \sqrt[3]{\frac{\quad^2}{0.2^2 \times 9.81}} =$
7. Obtener el tirante normal. Este se obtiene por gráficas, por iteraciones o por fórmula.
8. Hacer una gráfica rápida con los valores de todos los tirantes obtenidos.



9. Clasificar el perfil obtenido utilizando la gráfica anterior. El perfil es: _____

Cuestionario de la práctica 7.

1. ¿Cómo puede clasificarse un flujo variado?

2. ¿Cómo se caracteriza el flujo gradualmente variado?

3. ¿Cuáles son los cinco valores característicos del flujo gradualmente variado?

4. ¿Qué tipos de perfiles produce una pendiente subcrítica?

5. ¿Qué tipos de perfiles produce una pendiente crítica?

6. ¿Qué tipos de perfiles produce una pendiente supercrítica?

7. ¿Qué tipos de perfiles produce una pendiente negativa?

8. ¿Existen en la realidad los canales con pendiente negativa?

9. ¿Qué tipos de perfiles produce una pendiente nula?

10. ¿Cuántos perfiles se pueden ser identificados?

PRÁCTICA No 8.

“LONGITUD DE UN PERFIL”.

Objetivo.

El alumno calculará la longitud de un tramo de perfil de un flujo gradualmente variado.

Consideraciones teóricas.

La ecuación que estudiamos para la clasificación de perfiles es:

$$\frac{dE}{dx} = S_f - S_0 \text{ -----1}$$

Donde:

dE es la variación de la energía específica entre dos secciones cercanas y para un flujo gradualmente variado.

dx es la distancia que separa esas dos secciones.

S_f es la pendiente de la línea de energía en el flujo.

S_0 es la pendiente de la plantilla del canal.

Transformando la ecuación 1, multiplicando y dividiendo entre dy , en el primer miembro nos queda:

$$\frac{dE}{dx} \frac{dy}{dy} = \frac{dE}{dy} \frac{dy}{dx} \text{ -----2}$$

Por otro lado sabemos que:

$$\frac{dE}{dY} = \frac{d}{dY} \left(Y + \frac{v^2}{2g} \right) = \frac{d}{dY} \left(Y + \frac{Q^2}{2gA^2} \right) = 1 - \frac{2A^{-3}Q^2}{2g} \frac{dA}{dY} = 1 - \frac{Q^2}{A^3g} \frac{dA}{dY} \text{ -----3}$$

para cualquier forma de sección, ver figura 8.1, se cumple que $\frac{dA}{dY} = B$ o, $dA = BdY$, por lo tanto:

$$\frac{dE}{dY} = 1 - \frac{Q^2B}{gA^3} = 1 - \frac{v^2B}{gA} = 1 - \frac{v^2}{gT} = 1 - Fr^2 = \frac{dE}{dY} \text{ -----4}$$

O bien:

$$\frac{dE}{dx} = (1 - Fr^2) \frac{dY}{dx}$$

sustituyendo esta última expresión en la ecuación 1 y despejando llegamos finalmente a la **Ecuación Dinámica del Flujo Gradualmente variado**:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_f - S_0}{1 - Fr^2} \text{-----4}$$

La solución a esta ecuación no es sencilla pero existen varios métodos de solución aproximada, por ejemplo, se tienen:

Método de Integración Gráfica. Consiste en dibujar en papel milimétrico la curva del recíproco de la ecuación dinámica y luego obtener el área bajo la curva entre los extremos de los tirantes del perfil.

$$\frac{dY}{dx} = \frac{1 - Fr^2}{S_f - S_0} = f(Y)$$

despejando e integrando:

$$\int_{x_1}^{x_2} dx = \int_{Y_1}^{Y_2} f(Y) dY$$

$$x_2 - x_1 = \int_{Y_1}^{Y_2} f(Y) dY \text{-----5}$$

Sabemos por el cálculo integral que la ecuación 5 representa el área bajo la curva con límites: Y_1 , Y_2 , ver la figura 8.2

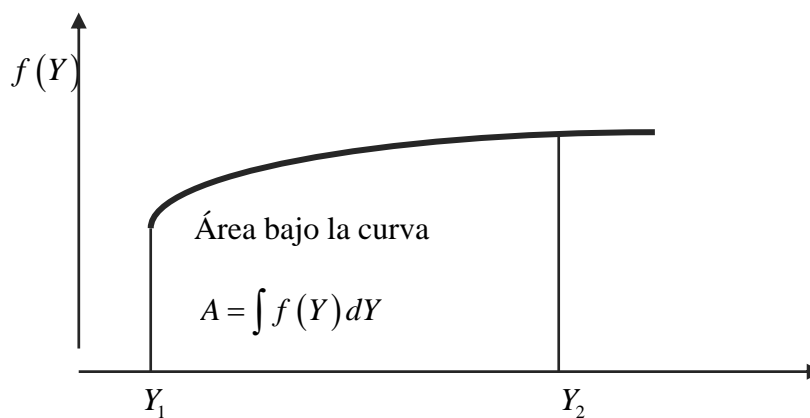


Figura 8.2 Área de la curva.

Método Estándar o de Incrementos Finitos.-Para llevar a cabo la solución por éste método se parte de la ecuación 1, sustituyendo el incremento delta (Δ) por la diferencial (dY) la ecuación es:

$$\frac{\Delta E}{\Delta x} = S_f - S_o$$

O bien:

$$\Delta x = \frac{\Delta E}{S_f - S_o} = \frac{E_2 - E_1}{S_f - S_o} \text{-----6}$$

Para obtener buenos resultados, ΔE debe ser muy pequeño, es preferible que Δx sea pequeña. El proceso de cálculo es como sigue: La energía E_1 se conoce para el tirante Y_1 donde inicia el perfil luego, se propone Y_2 cercano a Y_1 (para que Δx sea pequeño) y se calcula E_2 posteriormente se evalúa S_f entre estas secciones pudiendo así calcular Δx que es la distancia que separa. Luego el Y_2 se toma como Y_1 y se propone otro Y_2 repitiendo todo el proceso hasta cubrir todo el perfil.

Material y equipo a utilizar.

Limnómetro flexómetro.

Procedimiento.

1. Darle al canal una pendiente positiva casi nula.
2. Levantar la compuerta del canal cuidando de no tener fugas laterales y de plantilla.
3. Dejar pasar un gasto por el canal y esperar a que se estabilice.
4. Obtener el gasto con el vertedor triangular.
5. A partir del primer metro de la compuerta hacia aguas arriba medir los tirantes a cada 50 cm empezando de hasta el final del canal. Registrar los datos en la tabla que sigue:

06		2.5		4.5	
1.0		3.0		5.0	
1.5		3.5		5.5	
2.0		4.0		6.0	

6. Cálculo del tirante crítico. $Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} = \sqrt[3]{\frac{(CH^n)^2}{0.2^2 \times 9.81}} = \sqrt[3]{\frac{[1.32(\text{---})^{2.48}]^2}{0.2^2 \times 9.81}} =$

7. Cálculo del tirante normal. Este tirante se obtiene por medio de la gráfica. Con la ayuda de cálculo anexa se puede obtener en forma gráfica.

8. Por el método de incrementos finitos, calcular la longitud del perfil con los datos de la práctica y compararlos con el resultado obtenido en la misma. Esta tarea se hará en el momento cuando el profesor de teoría aborde el tema de perfiles.

Cuestionario de la práctica 8.

1. ¿Por qué se le dice ecuación dinámica del flujo gradualmente variado?

2. ¿A qué se le llama perfil de flujo o perfil hidráulico?

3. ¿Cuál es la razón del por qué se debe calcular la longitud del perfil hidráulico?

4. ¿Cuál de todos los perfiles hidráulicos es el de mayor longitud?

5. ¿Cuáles métodos de cálculo conoces para obtener el perfil de flujo?

6. Describe el método de la USBR para calcular la longitud de un perfil hidráulico.

7. ¿En qué consiste el cálculo del flujo gradualmente variado?

8. ¿Qué es una sección de control?

9. ¿Qué es un punto de control?

10. ¿Cómo sabemos la dirección correcta para el inicio del cálculo de nuestro perfil?

Capítulo III

Marco operativo y resultados.

Con el objeto de hacer de este trabajo un material que semestre a semestre sea retroalimentado por los actores envueltos en su dinámica, se llevará a cabo un proceso evaluativo de carácter permanente que básicamente descansará en: las opiniones y respuestas de los alumnos.

El proceso evaluativo señalado incluirá entrevistas individuales rápidas y la aplicación de una encuesta de carácter grupal aplicada al final del curso.

En otra parte de la evaluación, se pretende entrevistar a los alumnos considerando su rendimiento de manera que la herramienta arroje resultados confiables y que finalmente no nos lleve a falsas apreciaciones.

En cuanto a las entrevistas a los alumnos, serán dirigidas hacia un campo donde podamos vislumbrar que tanto el documento ha colaborado en la adquisición de sus conocimientos; si sienten apoyo del material didáctico.

El diseño del cuestionario de la encuesta grupal va dirigido a obtener respuestas que nos indiquen que tanto el alumnado se siente inmerso en un proceso de enseñanza diferente al clásico y si el cúmulo de actividades realizadas al estar en el laboratorio obedecen a las expectativas que la corriente constructivista contiene.

El cuestionario fue conformado por diez preguntas y la parte que pertenece a las instrucciones de respuesta. El cuestionario se les aplicó a cinco grupos los cuales, en suma, estaban conformados por un total de 50 alumnos lo que implica obviamente que fueron aplicados 50 cuestionarios. Enseguida se presenta el cuestionario aplicado.

CUESTIONARIO.

*Contesta en forma breve las siguientes preguntas con: **Si** o **No** y el **Por qué** de tu respuesta.*

1. El proceso de enseñanza auxiliado con el manual de prácticas ¿te llevan a comprender y a solucionar problemas que se te presenten en la vida real?

2. ¿Te sientes motivado a realizar experimentos en el laboratorio con el nuevo material y la dinámica grupal?

3. ¿El cuestionario de cada práctica y los conocimientos previos son suficientes para realizar la práctica correspondiente?

4. La manera de llevar a cabo las prácticas de esta asignatura ¿sientes que te mantiene activo física y mentalmente?

5. ¿El desarrollo de las prácticas de esta asignatura te motiva para aprender la asignatura?

6. ¿El profesor contribuye a tu motivación para el estudio de la asignatura?

7. ¿La manera de realizar las prácticas de esta asignatura promueve la interacción con tus compañeros y con el profesor?

8. ¿La forma de realizar las prácticas de esta asignatura promueve tu creatividad?

9. ¿La manera de realizar tus prácticas en el laboratorio hace que te sientas motivado a competir con tus compañeros?

10. ¿La clase en el laboratorio promueve el aprendizaje a largo plazo?

Resultados.

La primera pregunta está encaminada a responder qué tanto el alumno percibe que el manual y el desarrollo de la práctica lo ligaba con lo que pasará en su vida profesional (vida real). La totalidad de los alumnos encuestados señalaron que la labor del profesor se tornaba importante porque él les comentaba de la magnitud de algunas obras reales.

La segunda pregunta fue propuesta pensando en que la motivación de los alumnos debe ser una tarea de carácter permanente promovida por parte del profesor. La respuesta que se obtuvo a este cuestionamiento en su totalidad fue afirmativa y se basó en la participación tanto cognitiva como física en el tiempo en que se desarrolla la práctica. Algunos alumnos comentaron que se sentían como si estuvieran en un ambiente real de trabajo dado que no se sentían limitados para interactuar con todos los presentes. Y para algunos, representaba la oportunidad de experimentar dado que en otros cursos “todo lo hacía el profesor”. Los alumnos, bajo este esquema de enseñanza se sienten apoyados tanto por el profesor como por el documento.

En cuanto a el tercer reactivo se buscó conocer cómo aceptaban el documento considerándolo como apoyo para la realización de las prácticas haciendo hincapié en el papel tan importante que juega el cuestionario de cada una de las prácticas. En este caso los alumnos en su mayoría señalaron que sí consideraban suficientes los conocimientos previos vertidos en la práctica para poder realizar éstas. Algunos alumnos señalaron que los conceptos incluidos en el documento se complementaban con los adquiridos en la teoría. Este hecho robustece la estructura conceptual interna del alumno para el abordaje de las prácticas.

La cuarta pregunta fue pensada para observar el grado de pasividad o de actividad mental (cognitiva) y física en la ejecución de las prácticas. En este caso, la totalidad del alumnado respondió de manera afirmativa en el sentido de concederle al manual una buena importancia. Hubieron algunos de los alumnos que francamente señalaron que “no se aburrían” como les pasaba en otros cursos de laboratorio.

La quinta pregunta lleva como objetivo saber qué tanto se modifica el comportamiento del alumnado al enfrentarse con el manual y a la forma de llevarse a cabo las prácticas ya que se encuentran con un procedimiento relativamente nuevo. Se observa también el desempeño al interior del laboratorio haciendo énfasis en la interacción alumno-profesor, manual-alumno y profesor-alumno. En este caso se observa en las respuestas dadas por los alumnos aceptación total al documento.

La pregunta seis está dirigida para conocer qué tanto contribuye el profesor en la motivación grupal y en esta respuesta se aceptó por parte del alumnado que el profesor había hecho una buena labor y que sí se sentían motivados por él para la realización de sus prácticas; algunos argumentaron que el profesor y el documento complementaban los conocimientos necesarios junto con el curso de teoría y a la vez hacían hincapié que de todos los cursos que habían llevado, hasta hoy, ninguno se asemejaba al que se había llevado en este caso.

La séptima pregunta se encuentra dirigida al saber qué tanto se promueve la interacción del alumno con el profesor y con sus compañeros y la respuesta fue muy satisfactoria pues fue bien acogida pues todos los alumnos dijeron que sí se promovía la interacción de todos los factores que intervienen en la ejecución de las prácticas

Con respecto a la pregunta ocho se puede comentar que todos los alumnos contestaron de manera afirmativa siendo un concepto fundamental “las formas nuevas” de realizar un conjunto de prácticas.

La respuesta al reactivo nueve fue de llamar la atención porque en un principio estaba dirigida a saber si en los alumnos se fomentaba el interés gracias a la competencia entre ellos. En este caso, algunos alumnos no veían con “buenos ojos” que de alguna manera se les pusiese a competir pues se contravenían los principios del trabajo en equipo, e incluso se percibe un ápice de ofensa hacia la solidaridad entre el alumnado lo que llevó a repensar este ítem y hablar de competencia constructiva y de esa manera sí tuvo muy buena aceptación.

La pregunta diez trataba de sacar a la luz si ésta manera de realizar los experimentos era buena para obtener un aprendizaje a largo plazo y en todo caso si se trataba de un aprendizaje significativo y la respuesta de los alumnos fue afirmativa. Aunque esto debería ser confirmado por medio de cuestionamientos al alumnado al paso del tiempo. En este sentido los alumnos contestaron que “era normal que se aprendieran mejor los conceptos porque no recibían la información de manera pasiva sino bajo una cobertura dinámica”.

En cuanto a las entrevistas rápidas se puede comentar que fueron de manera individual entre veinte alumnos de los cuales diez de ellos son mujeres y diez son hombres de una edad que oscila entre los 19 a los 23 años a los entrevistados se les instó a responder de manera abierta, es decir, que los alumnos tenían toda la libertad de expresar sus opiniones acerca del manual propuesto. Las preguntas hechas para este efecto fueron:

- ¿Sientes que el manual hace que compitas con tus compañeros? En la respuesta se observó que ellos rechazan la idea de competir con sus compañeros, les gustó más la idea de acercarse más como personas. A decir verdad esta respuesta no la esperaba de manera que fue reveladora porque el documento sirve como factor sociabilizador.
- ¿Cómo sientes que te ayuda el manual en cuanto a la distribución del tiempo? R. La respuesta de la mayoría de los alumnos señalaba que les ayuda a optimizar su tiempo porque el manual está estructurado de tal forma que no se “pierde” tanto tiempo en explicaciones. En este aspecto se puede mencionar que el marco teórico de cada una de las prácticas presenta lo mínimo que los alumnos deberían saber para abordar los experimentos.
- ¿Sientes que el proceso de enseñanza-aprendizaje con auxilio del manual te acerca a la realidad prevaleciente fuera del aula? R. Bueno el manual sólo es parte del proceso y con ayuda del profesor que menciona en forma reiterada que lo que sucede en el salón sólo es un apartado de la realidad y que es a

nivel de modelaje y además se comenta que fuera de la escuela existe algo parecido pero a niveles más grandes y con otras consecuencias.

- ¿Al estar en el laboratorio de Hidráulica de Canales te sientes motivado a participar o intervenir en la clase? R. algunos alumnos coincidían en la respuesta “cuando efectivamente leo y resuelvo el cuestionario que viene en cada una de las prácticas me siento bien en la clase porque la dinámica de la clase hace que se pueda participar”.
- ¿El manual te ayuda a ser creativo? R. en este sentido todos los alumnos coincidieron en su respuesta la cual fue positiva. Algunos de ellos resaltaron que el hecho de dejarlos interactuar en el laboratorio había veces que se olvidaban que el profesor se encontraba en el sitio y solo se percataban de su presencia cuando éste les cuestionaba. Numerosas veces me percaté que de este hecho porque se introducían en lo que estaban haciendo.
- ¿El manual hace que te sientas parte de un equipo de trabajo? R. En ese sentido, ellos expresaron que el documento y la dinámica grupal hacía que ellos tuvieran muchos momentos participativos; algunos operando el equipo del laboratorio, otros tomando lecturas y otros más haciendo los cálculos necesarios.

Conclusiones:

Una primera conclusión, en la carrera de Ingeniería Civil nueve asignaturas tienen laboratorio de manera análoga a hidráulica de canales y del total de ellas cuatro cuentan con un manual de procedimientos pero sólo el manual que aquí se presenta se realizó siguiendo pautas generados a la luz del constructivismo.

Por otro lado, se cree que si son consideradas las opiniones de los alumnos y se considera una retroalimentación el manual cada vez va a ser más valioso para el aprendizaje de la Ingeniería Civil que finalmente es el objetivo de este trabajo.

Otra conclusión señala que el documento por sí solo no tendría el efecto que se esperaría, de no ser que el profesor formase parte importante del proceso completo. Es decir, el profesor a cargo de los grupos deberá contar con los conocimientos fundamentales respecto de la corriente constructivista.

Considerando las entrevistas rápidas se puede concluir que el manual colabora para que los alumnos se integren como grupo pues ellos demostraron mayor interés en realizar las prácticas en un ambiente de cooperación. También los alumnos aceptan el manual debido a que éste les ayuda a realizar una mejor distribución de su tiempo.

Asimismo, los alumnos se sienten conectados con lo que sucede en la vida profesional de un ingeniero civil al ser transportado mentalmente a obras civiles de magnitudes reales. He observado que la respuesta de los alumnos, en este sentido, ha sido muy buena y han demostrado buena disposición al aprendizaje pues los comentarios indican que se sienten motivados a participar antes, durante y al finalizar la práctica.

Es importante el trabajo en equipo y con esta técnica de enseñanza-aprendizaje los alumnos se introdujeron al desarrollo de la práctica y lo más importantes es que se introdujeron de manera colectiva y entre ellos colaboraron para el buen término de cada una de las prácticas.

Es importante que el alumno se identifique con el manual y que lo sienta un poco del mismo. El susténtate pensó que solicitando observaciones al manual para ser mejorado se daría ese fenómeno y efectivamente, los alumnos solicitaron, por ejemplo, que se introdujeran espacios en blanco para llevar a cabo las operaciones matemáticas necesarias.

Hasta aquí parece que el manual propuesto es un documento sin problemas pero no debemos soslayar que los alumnos forman parte de una problemática educacional de carácter general y que existen aquellos alumnos que no son los ideales para ninguna corriente educativa. Para atenuar los resultados negativos que se pudieran obtener el profesor deberá estar alerta y aplicar estrategias de estudio como el control del grupo y control personalizado.

Recordemos que el centro de atención en este paradigma es el alumno y como tal debemos darle la importancia necesaria para que finalmente cumplamos con la misión de la institución.

Bibliografía Educación.

Arancibia C, Violeta., Herrera P, Paulina., Catherine Strasser S.

Psicología de la educación, Ediciones: Universidad Católica de Chile y de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Segunda Ed., Alfaomega, 1999.
277 p.

Baquero, Ricardo.

Vigotsky y el aprendizaje escolar, Argentina: Aiqué. 1999.

Barberá, E.

El constructivismo en la práctica, España: GRAÓ.

Barocio, Roberto.

Ambientes para el aprendizaje activo, Compendio de lecturas, México: Trillas (predicción).

Beltrán Llera, J. Bueno Álvarez J.A.

Psicología de la educación. Edición original editada por Marcombo, Barcelona, España, 1995,: Alfaomega, 1997
657 p.

Bruner, Jerome.

Desarrollo cognitivo y educación, España: Morata.

Bruner, Jerome.

Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva, Alianza (Psicología y educación).

Chadwick, Clifton.

Tecnología educacional para el docente, Buenos Aires, Paidós (biblioteca del educador contemporáneo)

Dede, Cris.

Aprendiendo con tecnología, Argentina: Paidós (redes en educación).

Diáz Barriga, Frida y Gerardo.

Estrategias Docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista, México: Mac Graw Hill 1998.

Estevez, etty H.

Enseñar a aprender. Estrategias cognitivas. México: Paidós.

Ferres, Joan.

Video y educación, Barcelona: Paidós (papeles de pedagogía). 1992.

- Fueguel, Cora.
Interacción en el aula, España (educación) 2000.
- García, Eduardo.
Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares, España: diada (series fundamentos no 8). 1998.
- Gil, Carri.
La asamblea de clase. Una experiencia en el segundo ciclo de educación infantil, España, Práxis. Educación. 2000.
- Giordán, André.
Los nuevos modelos de aprendizaje ¿más allá del constructivismo?, educación. 2001, julio, pp. 40-45.
- Lacasa, P.
Construir conocimientos. ¿Saltando entre lo científico y lo cotidiano? En María José Rodrigo y José Arnay (comps), La construcción del conocimiento escolar, Barcelona, Paidós, (temas de psicología) pp. 81-106.
- Monereo, C.
Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en el aula, España: SEP Cooperación española.
- Mugny, Gabriel y Pérez A. Juan.
Psicología social del desarrollo cognitivo, España: Antrophos.
- Nickerson, R., Perkins, David y Smith Edwards.
Enseñar a pensar. Aspectos de la actitud intelectual, Madrid: Morata/MEC.
- Vigotsky, L.S.
El desarrollo de los procesos psicológicos superiores Barcelona, crítica
- Pozo, Juan Ignacio.
Teorías cognoscitivas del aprendizaje. Madrid: Morata, 1997
- Rugarcía Torres, Armando
Los valores y las valoraciones en la educación, México: Trillas, 1999
(reimp. 2005)
136 p.
- Tovar Santana Alfonso
El constructivismo, Instituto Politécnico Nacional, 2001
107 p.
- Woolfolk, Anita E.

Psicología educativa, México: Pearson Prentice Hall, 1999 séptima edición
688 p.

Bibliografía Técnica.

Andrew L, Simon

Hidráulica básica, versión autorizada en español de la obra Basic Hidráulics,
Limusa 1993.
244p.

Frederick S. Merritt

Guía del ingeniero civil, traducido de la primera edición en inglés The civil
engineering referente guide. Mc Graw Hill
605 p.

Gardea Villegas, H

Hidráulica de canales, México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1999
217 p.

Sotélo Ávila, Gilberto

Hidráulica de Canales, México, UNAM, Facultad de Ingeniería; 2001
836 p.

Sotélo Ávila, Gilberto

Hidráulica General, México, Limusa; 2003 (segunda reimpresión) Vol. I
561 p.

Ven Te, Chow

Hidráulica de canales, México, Diana 1985 (segunda reimpresión).
561p