

LAS MATEMÁTICAS, ANTE EL RETO DE LA EFICIENCIA TERMINAL

Carlos Daniel Prado Pérez
Lilia Patricia González Lima
ITESM, CAMPUS ESTADO DE MÉXICO

RESUMEN

Es incuestionable la importancia del aprendizaje de las matemáticas en todos los círculos universitarios. No obstante, son bien conocidas las dificultades de su aprendizaje y los bajos resultados que en términos de eficiencia terminal se tienen entre los estudiantes, particularmente en la ingeniería. El siguiente trabajo presenta en el marco de esta problemática el modelo que se ha implantado en el TEC de Monterrey con el fin de mejorar los resultados en cuanto a eficiencia. El modelo se sustenta sobre estrategias que abarcan didáctica, psicología y aplicación de las matemáticas. Se presentan asimismo algunos de los resultados que sobre este modelo educativo se han obtenido.

CONTEXTO Y ANTECEDENTES

Una preocupación compartida por varias instituciones de nivel superior se refiere a la eficiencia terminal en las carreras de ingeniería. El TEC de Monterrey no escapa a esta situación y desde hace algunos años ha mantenido la búsqueda e implantación de procesos de mejora de sus niveles de eficiencia, particularmente en los cursos de matemáticas dirigidos a estudiantes de ingeniería. De manera colateral a esta preocupación, hacia 1994, y como resultado de una extensa consulta realizada entre directivos, profesores, alumnos, egresados y empresas que los contrataban, quedó de manifiesto la importancia de resaltar en la formación profesional, no sólo los conocimientos sino además diversas habilidades, actitudes y valores como son, por ejemplo: la capacidad de análisis, síntesis y evaluación, la capacidad de identificar y resolver problemas, el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo, el uso de la tecnología, la buena comunicación oral y escrita, entre otras; características que, promovidas desde el desarrollo de sus cursos prepararían a los educandos de una manera más sólida para su futuro próximo [3].

A raíz de estas dos preocupaciones y buscando dar alternativas educativas compatibles con los objetivos emanados del citado congreso, entre los años 1995 - 1997, la División de Ingeniería y Arquitectura de nuestra Universidad, a través de su departamento de Matemáticas instrumentó diversos proyectos y cursos piloto que buscaban enfatizar el desarrollo de las habilidades, actitudes y valores en los cursos que el departamento imparte. Entre los proyectos que más éxito tuvieron destacan los dos siguientes: "Uso de la computadora en matemáticas" y "Un sistema de evaluación y prácticas automatizadas". Los logros más significativos de estos dos proyectos fueron la incorporación de la tecnología en las clases de matemáticas y el seguimiento-evaluación del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Tales proyectos también permitieron detectar problemas en el proceso de enseñanza- aprendizaje de las matemáticas. Por ejemplo, se observó que:

- había poca retención de conocimientos,

- que los cursos estaban centrados en el álgebra,
- que se abusaba de reglas y de algoritmos,
- que no se lograba el completo desarrollo de un pensamiento matemático, y
- que había pocas oportunidades para transferir de manera intencionada y sistemática los conocimientos matemáticos a otras áreas del conocimiento.

De manera particular, la deficiencia mostrada en el último punto limitaba considerablemente el nivel de significado de los conocimientos, lo que acarrearía, entre otras cosas, el desinterés de los estudiantes por las matemáticas.

El modelo educativo desarrollado e implantado en los cursos de matemáticas nace con la idea de superar estas dificultades y de fomentar una cultura matemática en los estudiantes. Asimismo, sustentado sobre estrategias que abarcan didáctica, psicología y aplicación de las matemáticas el modelo se complementa con el apoyo de un departamento de psicología que orienta de manera más dirigida a estudiantes que muestran dificultades académicas.

ANÁLISIS

Investigaciones recientes [6] ponen de manifiesto que las actitudes de los alumnos (actitudes de y hacia las ciencias exactas) están muy influenciadas por tres factores fundamentales:

- La naturaleza misma de las disciplinas exactas.
- Características individuales: motivación, intereses, expectativas, etc.
- El método del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por ello, el trabajo presentado abarca didáctica, psicología y aplicación.

En cuanto a la didáctica, el modelo se suscribe a la tesis fundamental de la teoría de Piaget, a saber, que todo acto intelectual se construye progresivamente a partir de estructuras cognoscitivas anteriores y más primitivas [1]. Desde esta perspectiva “constructivista”, mucho más compleja que la tradicional, se han diseñado situaciones con las cuales, a partir de las estructuras anteriores de las que dispone el estudiante, es posible desarrollar nuevos significados del objeto de aprendizaje así como nuevas operaciones relacionadas con él. Al poner énfasis en la actividad del estudiante, una didáctica basada en teorías constructivistas exige también una actividad mayor por parte del educador. En efecto, ésta ya no se limita a tomar el conocimiento de un texto y exponerlo en el aula, con mayor o menor habilidad; la actividad demandada en esta concepción es menos rutinaria, en ocasiones impredecible, y exige del educador una constante creatividad.

Por otro lado, el núcleo de la actividad constructivista por parte del estudiante, consiste en construir significados asociados a su propia experiencia incluyendo su propia experiencia lingüística, Echeverría [4]. La socialización de este proceso consiste en la “negociación- discusión” de tales significados en una comunidad- el salón de clases-que ha hecho suyo ese proceso constructivista.

Para el constructivismo, es importante distinguir entre “concepciones” y “conceptos”, Freudenthal [5]: “ la experiencia del estudiante, su punto de partida, es una red de información, de imágenes, de relaciones, anticipaciones e inferencias alrededor de una idea. Este complejo cognoscitivo es lo que llamamos “concepción”. El trabajo del estudiante consiste entonces, en extraer de tal concepción, relaciones y patrones un conjunto coordinado de acciones y

esquemas que conducen al conocimiento viable, a los conceptos y a la generación de algoritmos. El proceso de construcción de significados es gradual, pues el concepto queda, por así decirlo, atrapado en una red de significados”.

A lo largo del proceso, el estudiante encuentra situaciones que cuestionan el “estado” actual de su conocimiento y le obligan a un proceso de reorganización; con frecuencia, el estudiante se ve obligado a rechazar, por inviable, mucho de lo que ya había construido.

Durante el proceso de construcción de significados, el estudiante se ve forzado a recurrir a nociones más primitivas que expliquen la situación que estudia. Esta situación es similar al desarrollo de una ciencia durante la búsqueda de sus principios. A final de cuentas, esta construcción de significados va creando necesidades cognoscitivas y este es uno de los puntos centrales para generar desde este planteamiento el aprendizaje en los estudiantes.

Nuestro modelo pues se diferencia del tradicional, donde se privilegia el objeto de conocimiento y concede un papel pasivo al sujeto- enfoque formalista de las matemáticas, en que en la perspectiva constructivista, es la actividad del sujeto lo que resulta primordial: no hay objeto de enseñanza sino “objeto de aprendizaje”. Así señalan, Moreno y Waldegg [12]: “De una forma u otra, el propósito de todas las epistemologías ha sido el análisis de las relaciones entre el sujeto cognoscente y el objeto de conocimiento, y la forma en la que se genera el conocimiento mediante tal interacción”.

Bajo la misma perspectiva de Piaget, puede decirse que el conocimiento es siempre contextual y nunca separado del sujeto, en el proceso de conocer, el sujeto va asignando al objeto una serie de significados, cuya multiplicidad determina conceptualmente al objeto. “Conocer es actuar, pero conocer también implica comprender de tal forma que permita compartir con otros el conocimiento y formar así una comunidad”, Echeverría[4], en esta interacción, de naturaleza social, un rol fundamental lo juega la negociación, es decir, la discusión de significados.

Por todo lo anterior, se plantea la intervención del profesor en el aula a través de la facilitación del proceso por medio de actividades coordinadas que sistemáticamente abarcan otras áreas de conocimiento, y en las cuales se especifican claramente los objetivos, los conocimientos previos con los cuales deben contar los alumnos, la descripción de la actividad, acciones a llevar a cabo por parte de alumnos y profesores, los aspectos a evaluar de la actividad y las actividades posteriores de la misma. Cada uno de estos puntos se sustenta sobre los siguientes particulares:

- a) Se buscan actividades de aprendizaje que vinculen a las matemáticas con otras áreas del conocimiento o al menos permitan determinar en la perspectiva constructivista el significado de un concepto matemático.
- b) El trabajo en equipo que permite proponer actividades que implican un mayor nivel de dificultad que el que podría proponerse en un trabajo individual.
- c) El énfasis en la modelación matemática como herramienta fundamental de las ciencias y la ingeniería.

- d) El uso de la tecnología en el aprendizaje con el cual se extienden las posibilidades de solución de problemas y se abarca más de un estilo de aprendizaje.

Las sesiones de trabajo se desarrollan bajo estos principios, cada sesión se administra en una plataforma tecnológica como Learning Space, Blackboard o WebTec. En las actividades, se especifica, entre otras, la modalidad de trabajo: individual o en equipo; como regla general se usa la segunda de estas modalidades para las actividades más demandantes o aquellas en las que se desarrolla el descubrimiento por parte de los alumnos. Mediante los factores mencionados se pretende incidir fundamentalmente en la componente cognitiva de las actitudes en y hacia las ciencias exactas.

En este modelo de aprendizaje, se proponen problemas de final abierto en los cuales puedan indicarse una o más estrategias válidas, problemas guiados donde se propicia el descubrimiento de conceptos, principios y resultados y problemas de carácter interdisciplinario que generalmente se plantean al final de un periodo programado; en éstos casi siempre se requiere el uso de la tecnología ya que los estudiantes, en un ambiente de trabajo de equipo, enfrentan una situación con un alto grado de dificultad. Todas estas estrategias en el fondo buscan en su conjunto la generación de aspectos tan importantes como la creatividad, la capacidad de formular conjeturas, la flexibilidad para intercambiar puntos de vista, el aprendizaje autónomo, el uso eficiente de la tecnología, la autonomía intelectual para enfrentarse con situaciones desconocidas, la confianza en la propia capacidad de aprender y resolver problemas.

Atendiendo a la componente psicológica de su aprendizaje, esto es, buscando incidir más sobre la componente afectiva de las actitudes hacia las ciencias exactas, y ayudar a los estudiantes a interiorizar metas de aprendizaje que aumenten su motivación e interés, se han enmarcado a las ciencias básicas en su contexto cultural. Dicha consideración representa una alternativa a la concepción tradicional de estas disciplinas que trata al conocimiento como si estuviera libre de un trasfondo cultural. Con la finalidad de mostrar a los estudiantes esta perspectiva se les presenta una gama amplia de actividades multidisciplinarias que ponen de manifiesto los modos del quehacer científico en lo que corresponde a las ciencias exactas así, se han propuesto (de manera sistemática y metódica y no sólo de manera esporádica) problemas cuyos enunciados están planteados mediante historias, anécdotas y cuestiones prácticas para que a través de éstas pueda ofrecerse una enseñanza integrada, significativa y con sentido en la cultura que favorezca el desarrollo de la componente de utilidad e interés de sus actitudes hacia las ciencias básicas.

En el mismo ámbito de la psicología también se ha considerado que, aunque todos los alumnos que ingresan a nivel profesional deben alcanzar un nivel mínimo en el examen de admisión SAT, Scholastic Aptitud Test, (lo cual permitiría inferir que los alumnos tienen la capacidad y potencial para aprender), existe un número de alumnos que por diferentes motivos reprueban materias (Gosálbez [11]). Algunas causas para esto son: falta de voluntad para el estudio, mala administración del tiempo, mala metodología para aprender, problemas de conducta o en su familia, entre otros. La siguiente tabla contiene en resumen los resultados que se han

recabado (se incluyen únicamente los que se refieren a estudiantes de ingeniería que cursan matemáticas) a este respecto.

	2000 Ag-Dic (186 alumnos)	2001 Ene- May (189 alumnos)	2001 Ag-Dic (257 alumnos)	2002 Ene- May (375 alumnos)	2002 Ag-Dic (339 alumnos)
Materia	Total	Total	Total	Total	Total
Ecuaciones Diferenciales	12	10	24	35	53
Investigación de operaciones I	1	9	11	23	25
Matemáticas para Ing. I	112	114	162	161	83
Matemáticas para Ing. II	44	56	71	106	50
Matemáticas para Ing. III	21	30	33	73	36
Probabilidad y estadística	7	7	9	34	83

Tabla 1. Alumnos condicionados en ingeniería. Su distribución en cursos de matemáticas.

A raíz de estas estadísticas, desde el semestre enero- mayo de 1998 se ha trabajado en forma preventiva con aquellos alumnos que reprueban materias a través del “Taller Integral Para la Superación” (TIPS) [7]. Este taller tiene como objetivo primordial desarrollar en ellos las habilidades que les permita ser exitosos en sus estudios. Durante el taller se fomenta la enseñanza de procesos algorítmicos, Álvarez[2], que son una serie de operaciones *elementales* que llevan, en un número determinado de pasos, a la solución de un problema. También se enfatizan los procesos heurísticos que son operaciones de búsqueda *no elementales* y que suponen también una actitud hacia el aprendizaje, la investigación, la conjetura y el descubrimiento o la resolución de problemas.

Los temas que se trabajan con estos alumnos [9] son: a) eficiencia escolar, b) aprendizaje acelerado, c) control ambiental y manejo de estrés, d) estrategias de aprendizaje, e) estrategias de solución de problemas, f) autoestima y proyecto de vida. En los módulos se enfatiza el desarrollo de la inteligencia *intuitiva* y la *reflexiva*, Skemp [13]. La primera de estas inteligencias se refiere a ser consciente a través de los receptores (particularmente visión y oído) de datos procedentes del ambiente externo los cuales son referidos a otros datos mediante las estructuras conceptuales, la segunda son las actividades mentales “*intervinientes*” que tienen como objeto realizar una comprensión introspectiva del conocimiento.

Además de TIPS, se vio la necesidad de implantar un programa que fuera preventivo, es decir, se diseñó el TIPS NI (Nuevo Ingreso) [8] programa que esta dirigido a los alumnos de nuevo ingreso de las carreras profesionales.

Desde que se ha estudiado el problema de la reprobación se ha encontrado que aquellos alumnos que cursan los talleres para desarrollar habilidades cognitivas obtienen mejores promedios de calificación final que aquellos alumnos que no reciben ayuda en estos aspectos [10].

RESULTADOS

Los estudios realizados al modelo presentado abarcan lo cualitativo (usando encuestas de opinión aplicadas tanto a alumnos como a profesores dentro y fuera del modelo en su fase de transición), como lo cuantitativo a través de la aplicación de exámenes que determinan conocimientos y la habilidad para transferirlos a otras áreas del conocimiento. A continuación presentamos algunos ejemplos de los esquemas de evaluación de efectividad obtenidos, éstos muestran a grandes rasgos algunas de las bondades del modelo.

a) Índice de consistencia de actividades.

Se han realizado diversos estudios de efectividad sobre las redes de problemas, pero con el propósito de mantener este trabajo en una extensión razonable, se presenta a manera de ejemplo (ver Figura 1), el *índice de consistencia* de cada problema de uno de los cursos, junto con su desviación estándar (la numeración es el número cronológico del problema), que se obtiene dividiendo la evaluación del estudiante en la actividad entre su evaluación global en el periodo. De esta forma una evaluación por arriba de 1.0 indica que la actividad es sencilla y por abajo que es complicada para el grupo. Estas gráficas permiten corregir las actividades semestralmente y en su caso adaptarlas a propósito de su diseño original. La prueba está referida a un grupo de 40 estudiantes.

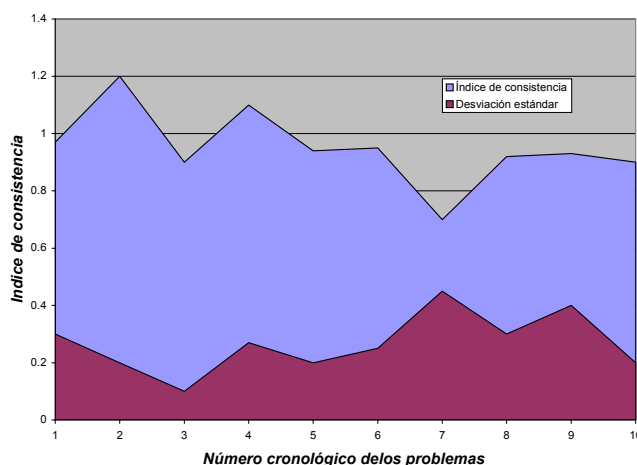


Figura 1: Índice de consistencia de una red de problemas

b) Opinión de estudiantes sobre el desarrollo de habilidades, actitudes y valores. Respecto a la evaluación que los estudiantes hicieron en el periodo de transición entre el modelo presentado aquí y el tradicional, se buscó:

- Analizar los efectos del modelo en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores en los estudiantes.
- Comparar los efectos del modelo con los de cursos equivalentes.

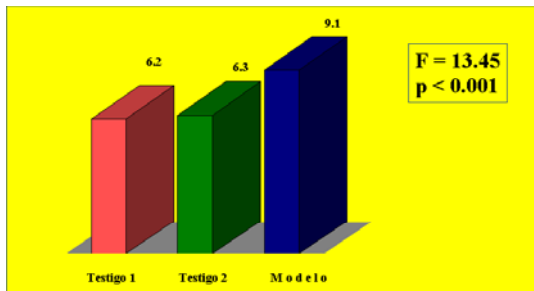
Las dimensiones del estudio fueron:

- | | |
|---|--|
| • Liderazgo | • Trabajo en equipo |
| • Análisis y síntesis de la información | • Uso eficiente de la informática y telecomunicaciones |
| • Pensamiento crítico | • Búsqueda y manejo de la información |
| • Comunicación | |

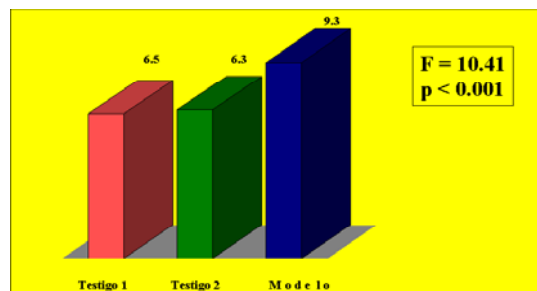
- Creatividad
- Motivación
- Capacidad de trabajo
- Aprender por cuenta propia
- Solución de problemas
- Transferencia del conocimiento
- Espíritu emprendedor

Para este estudio se le pidió al estudiante que comparara el grado en el que el modelo le ayudó a desarrollar cada habilidad, actitud o valor de los enunciados anteriormente con el promedio de sus demás cursos, en una escala de 0 a 10, donde 0 es mucho menos, 5 igual y 10 mucho más. Se empleó para este estudio una adaptación del instrumento de “Auto-evaluación de habilidades, actitudes y valores” que el TEC tiene para este fin. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (Prueba F) y comparaciones de diferencias entre grupos. La figura 2 muestra algunos de los resultados.

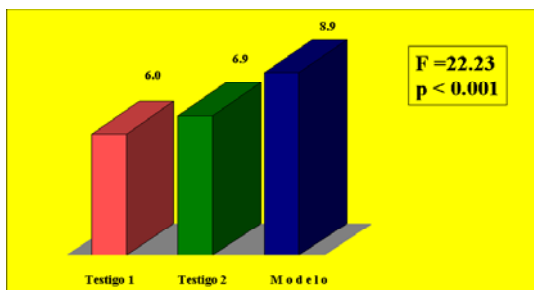
Aprendizaje



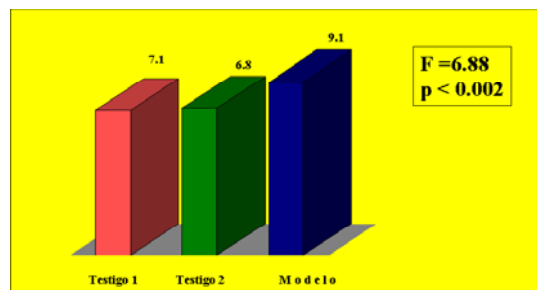
Motivación



Trabajo en equipo



Aprendizaje autónomo



Capacidad para identificar y resolver problemas

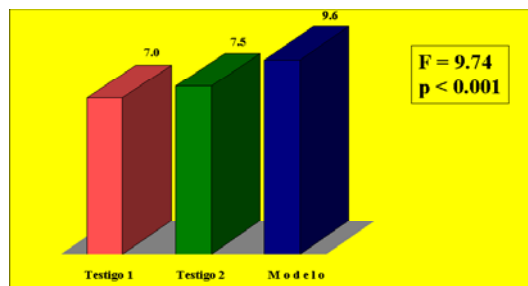


Figura 2. Resultados de algunas de las dimensiones que se evaluaron.

El estudio fue aplicado a tres grupos de estudiantes según se describe a continuación:

Testigo 1: alumnos tomando matemáticas con el enfoque tradicional.

Testigo 2: alumnos tomando matemáticas con un profesor que trabajaba en forma tradicional y con el modelo descrito.

Testigo 3: alumnos tomando matemáticas con el nuevo modelo.

c) Resultados obtenidos entre alumnos condicionados de ingeniería.

Como se ha hecho notar, aquellos alumnos que condicionados por su bajo desempeño académico, cursan los talleres para desarrollar habilidades cognitivas obtienen mejores promedios de calificación final que aquellos alumnos que no reciben ayuda en estos aspectos. La tabla 2 presenta algunos resultados de esta investigación semestre por semestre. Se consideraron tres categorías de alumnos según se indica a continuación.

1: Grupo de alumnos que cursaron TIPS NI y acreditaron el taller.

2: Grupo de alumnos que cursaron TIPS NI y no lo acreditaron.

3: Grupo de alumnos que no cursaron TIPS NI.

Semestre Ene-May 2001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1.00	79	78.3694	9.6134	1.0816	76.2161	80.5227	25.00	93.50
2.00	30	75.5977	12.4061	2.2650	70.9652	80.2302	25.00	93.00
3.00	288	73.6033	15.2152	.8966	71.8387	75.3680	19.00	97.00
Total	397	74.7024	14.1732	.7113	73.3040	76.1009	19.00	97.00

Semestre Agos-Dic 2001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1.00	874	77.9578	13.4773	.4559	77.0631	78.8526	10.00	98.50
2.00	303	67.5462	17.3379	.9960	65.5861	69.5062	8.80	97.20
3.00	323	76.5323	17.8682	.9942	74.5763	78.4883	10.00	99.71
Total	1500	75.5477	15.8577	.4094	74.7446	76.3508	8.80	99.71

Semestre Ene-May 2002	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1.00	193	76.1561	12.8118	.9222	74.3371	77.9750	10.00	97.85
2.00	38	65.6624	18.1781	2.9489	59.6874	71.6373	10.00	92.71
3.00	59	67.2432	22.2058	2.8910	61.4564	73.0301	10.00	94.40
Total	290	72.9677	16.4564	.9664	71.0657	74.8697	10.00	97.85

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de cada grupo y de cada semestre.

Como se puede observar en la tabla anterior los promedios de los alumnos del grupo 1, los que cursaron y acreditan el taller, son superiores en todos los semestres a los de los alumnos que no lo acreditan y a los que no lo cursan. En los tres grupos podemos encontrar alumnos con promedios muy altos y con promedios muy bajos, pero en general los del grupo 1 tienen mejor rendimiento académico al final del semestre.

Resultados del análisis de varianzas, muestran una significancia menor a 0.05 lo que indica, que existe una probabilidad muy baja de que la diferencia de promedios mostrada en la tabla 2 se deba a la casualidad. Por eso, concluimos que el incremento de promedio es un rasgo característico en los alumnos que cursan TIPS NI.

CONCLUSIONES

Se finaliza este artículo con las siguientes conclusiones.

- El modelo educativo propuesto propicia, además del aprendizaje significativo de los conocimientos, la habilidad de transferir conocimientos entre diversas disciplinas.
- El enfoque proporciona al alumno una mayor motivación y estímulo.
- Se enriquece notablemente la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.
- La percepción que los alumnos tienen de las ciencias exactas cambia notablemente, en mayor medida el de las matemáticas. Hay una modificación en la concepción tradicional de las matemáticas que las ve como bloques rígidos de conocimientos que hay que aprender de memoria.
- La metodología promueve que los alumnos elevan notoriamente su nivel de participación en los procesos de su aprendizaje.

- Los estudiantes adquieren más confianza en sus capacidades para resolver problemas y en general enfrentan con éxito situaciones de alta complejidad y presión emotiva.
- Hay una evolución positiva de sus actitudes hacia las áreas del conocimiento exacto, fruto de la metodología basada en el trabajo interdisciplinario, en la resolución de problemas, en el trabajo en equipo, y el uso de la tecnología.
- Se deben tomar acciones preventivas que permitan a la institución mejorar el desempeño del grupo de alumnos que tienen dificultades para aprender las áreas del conocimiento abstracto.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Aebli, H. Una Didáctica Fundada en la Psicología de Jean Piaget, Kapelusz, B. Aires, 1973.
- 2.- Álvarez, L. & Soler, E. Enseñar para aprender. Madrid, España: CCS, 1999.
- 3.- “Desarrollo personal para rediseño de la práctica docente”, Congreso Académico del ITESM – CEM, México, junio 1997.
- 4.- Echeverría, R. Ontología del Lenguaje, Dolmen Estudio, Santiago de Chile, 1995.
- 5.- Freudenthal, H. Didactical Phenomenology of Mathematical Structures, Ridel, Holanda, 1983.
- 6.- Gómez-Chacón, I.M.; Hernández, R.P. Las actitudes en educación matemática, Estrategias para el cambio. Uno, revista de didáctica de las matemáticas. Apuntes IEPS, n. 13. Madrid. Narcea, 1997.
- 7.- González, L. P. El Taller Integral Para la Superación, TIPS: una propuesta para que los alumnos condicionales no tengan que llegar a cursar el PAA. En el ITESM, (Campus Monterrey), XXX Congreso de Investigación y Extensión del Sistema ITESM. Congreso efectuado en Monterrey, Nuevo León, 2000.
- 8.- González, L. P. Teaching-Learning Educational Model for University Level Pupils of Low Academic Performance. En el 8th EDINEB International Conference. Congreso efectuado en Niza, Francia, 2001.
- 9.- González, L. P. El TIPS: una propuesta para alumnos de bajo rendimiento académico. En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Coloquio Internacional Docencia en la Educación Superior. Coloquio efectuado en Ciudad Juárez, Chihuahua, 2001.
- 10.-González, L. P. Análisis del desempeño académico de los alumnos que acreditan el Taller Integral Para la Superación de Nuevo Ingreso. En el ITESM, (Campus Monterrey), XXXIII Congreso de Investigación y Extensión del Sistema

- Tecnológico de Monterrey. Congreso efectuado en Monterrey, Nuevo León, 2003.
- 11.-Gosálbez, A. C. Técnicas para la orientación psicopedagógica. Madrid, España:
Ciencias de la educación preescolar y especial, 1990.
- 12.-Moreno, L., Waldegg, W. Constructivismo y Educación Matemática, Educación
Matemática, Vol. 4, No. 2, 1992.
- 13.-Skemp, R. Psicología del aprendizaje de las matemáticas. Madrid, España: Laval, 1993.