

# Actividades de Investigación y Docentes en las Áreas del Análisis, Diseño, Construcción y Automatización de Sistemas Mecánicos en el Departamento de Ingeniería Mecánica-Uniandes.

**Roque Saltarén P.**

## Resumen

**E**l artículo presenta de manera breve las actividades académicas y de investigación, relacionadas con las siguientes áreas, básicas dentro de los planes de desarrollo del Departamento de Ingeniería Mecánica.

- Análisis y diseño asistido por computador de sistemas mecánicos: Modelaje y simulación cinemática y dinámica de mecanismos. Vibraciones y Diseño.
- Diseño, construcción y automatización de sistemas mecánicos (Robots, máquinas herramientas).
- Ingeniería de manufactura, enfoques sobre las modernas tecnologías de manufactura y estructuración académica para la formación científica y técnica en estas áreas prioritarias para el país.



Roque Saltarén P.  
Ingeniero Mecánico, Universidad del Valle,  
Magister en Ingeniería Eléctrica,  
Uniandes. Profesor de Ingeniería  
Mecánica, Uniandes. Área de  
Especialización Control y Automatización  
Industrial.

## Introducción

El problema de seguir el paso a la evolución de los conceptos del análisis, diseño y realización de los modernos sistemas y procesos mecánicos, es un aspecto inquietante que obliga a discernir sobre un acertado enfoque de ideas y objetivos que den lugar a

resultados positivos formativos tanto de los profesores-investigadores como del talento de los futuros ingenieros que van a actuar y corresponder a las expectativas de la industria.

En este sentido el Departamento de Ingeniería Mecánica ha estructurado un grupo de profesores-investigadores en las áreas mencionadas, cuyo trabajo es respaldado por proyectos de investigación y desarrollo de prototipos que están fuertemente ligados a la docencia, de tal forma que la evolución de estas investigaciones está apoyada por la participación de estudiantes y el entusiasmo de tratar problemas muy actuales, como son la Robótica y el control numérico de máquinas herramientas. Evidentemente en el Fondo existe un gran respaldo a la docencia sobre las nuevas tecnologías puesto que un investigador que entiende lo que está haciendo naturalmente sabe explicarlo.

Los proyectos que se describen posteriormente han dispuesto de un efectivo apoyo por parte del CIFI, y del Departamento de

Ingeniería Mecánica en el caso del Robot Mecandes-I y de la conversión a control numérico de un torno multipropósito convencional.

En el caso del prototipo de Robot Industrial Andes-I, este es un proyecto del grupo DFAC (Dir. Dr. José Tiberio H.), proyecto PIDAI

el cual se lleva a cabo con el respaldo del CIFI y COLCIENCIAS.

## Aspectos investigativos y docentes

Es fascinante como aunque desde los años 1700's era conocida la aplicación de los multiplicadores de Lagrange a las ecuaciones del movimiento de sistemas mecánicos con restricciones, solo hasta 1981 se reconoció completamente que esas ecuaciones no deben ser tratadas como ecuaciones diferenciales. A partir de entonces se desató una intensa actividad investigativa sobre métodos que integraban ecuaciones dinámicas diferenciales- algebraicas, las nuevas topologías de la representación de los sistemas mecánicos y su simulación computacional aplicando métodos numéricos. En ese momento se lograron inmensos avances en esas áreas y recientemente ya existe software comercial basado en las técnicas de coordenadas generalizadas. Precisamente este nuevo enfoque se ha adoptado para los cursos de Dinámica, Mecanismos y Vibraciones, con lo cual se están formando estudiantes que posteriormente de acuerdo a su interés se vincularán al grupo de investigación para el análisis y diseño de sistemas mecánicos asistido por computador.

En la figura 1, se puede ver uno de los proyectos realizados por estudiantes en los cursos de Dinámica y Mecanismos. Este proyecto permite simular el comportamiento cinemático y dinámico en el espectro del tiempo, de un mecanismo para cinematógrafo.

Se puede notar que no ha sido difícil para los estudiantes lograr la animación en tiempo real del mecanismo mencionado.

Las técnicas de simulación permiten calcular la posición, velocidad, aceleración, fuerzas de reacción y torques de accionamiento para todas las barras en el tiempo, parámetros fundamentales para establecer las condiciones de frontera necesarias para el análisis y diseño por elementos finitos de cada uno de los elementos mecánicos.

Otros proyectos que vale la pena mencionar son: estudio de un mecanismo para retroexcavadoras, diseño de una máquina paletizadora de gaseosas, estudio de una máquina brochadora, estudio de dos tipos de trituradoras de piedras entre otros.

En los aspectos Investigativos acogiendo las iniciativas del Decano de la Facultad y del Director del Departamento de Ingeniería de Sistemas sobre desarrollos en Software Educativo, el Departamento de Ingeniería Mecánica está participando activamente bajo la coordinación del Profesor Investigador Felipe Botero, iniciando un proyecto de investigación para el desarrollo formal de técnicas computacionales para la simulación de sistemas mecánicos, captando el interés e iniciativa en esta área de estudiantes de la facultad.

## Diseño, Construcción y Automatización de Sistemas Mecánicos.

En tanto que el área de Interés mencionada arriba sugiere la disposición de modernas herramientas para el análisis y decisión, son necesarias las realizaciones físicas de prototipos que toquen necesidades del sector industrial colombiano, cuyo feliz término dé lugar a la industrialización de las soluciones planteadas, aquí se pueden mencionar tres proyectos que se desarrollan actualmente con la participación del Departamento de Ingeniería Mecánica.

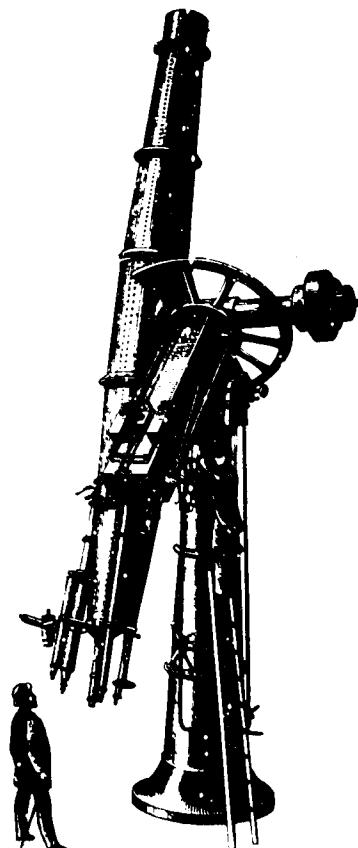
### \* Caso del Robot Mecandes-I:

Investigadores: Roque Saltafén P,  
Tres asistentes del pregrado de IM.

Es un prototipo a pequeña escala, ver figura 2, cuya morfología geométrica se planteó semejante a la de un robot Puma, de seis grados de libertad y opciones de hombro izquierdo o derecho. El proyecto financiado por el CIFI, tuvo un costo de \$400.000.00 para la estructura mecánica. Actualmente se van a adquirir las tarjetas electrónicas para el manejo de los servomotores DC., y se espera hacer funcionar el Robot para el segundo semestre del presente período.

Los desarrollos realizados para este prototipo no obstante su escala, implicaron la aplicación de los conceptos actuales del diseño de manipuladores, como es el caso del diseño mecánico ligado a los problemas de la frecuencia natural de la estructura mecánica y su respuesta a las señales de control. En particular los efectos de flexibilidad y su efecto sobre la calidad del rendimiento del manipulador.

Simultáneamente durante el



diseño y construcción del prototipo se estudiaron sus características cinemáticas y dinámicas para lo cual fué necesario desarrollar programas computacionales de simulación como herramientas de trabajo.

## \* Caso del Robot Manipulador ANDES-I.

Investigador (DFAC., Proyecto PIDAI-Grupo RYP):  
Roque Saltarén P. Tres asistentes de Investigación pregrado-IM.

de realización y demanda del sector industrial colombiano. En principio se diseñó un robot con capacidad de carga útil de 25 kg., y seis grados de libertad, con accionamientos oleohidráulicos.

Este diseño se tenía dispuesto a finales de 1990 (Simulaciones cinemáticas, dinámicas, de trayectorias, planos mecánicos para mecanizado etc.). La construcción del prototipo sufrió retrasos debido a las demoras presupuestales del proyecto PIDAI. No obstante se buscaron convenios con posibles fabricantes del equipo, interesados igualmente en una transferencia de esta

tecnología por parte de la Universidad. Estas conversaciones con una empresa del sector metalmeccánico no llegaron a objetivos concretos debido a las limitaciones económicas por parte de la Universidad y su contrapartida para la colaboración conjunta. Finalmente a principios de 1992 se tuvo luz verde por la disposición de COLCIENCIAS, pero el interés captado en la industria se había entibado, por esta razón se replanteó el prototipo de

Manipulador en especial se optó por realizar un rediseño y cambiar hacia un equipo de 15 kg. de capacidad de carga útil y accionamientos eléctricos. Actualmente el 100% del problema de diseño se encuentra definido y se ha iniciado la adquisición de equipos y del Hardware necesarios. (Servo- motores DC, tarjetas de interfaces y control, etc.) y a finales de Julio se iniciará el mecanizado y ensamble de la estructura mecánica.

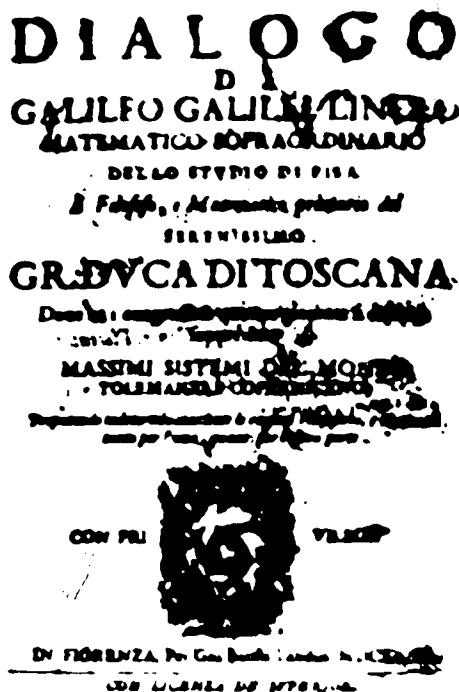
## \* Caso del Torno Multipropósito Convencional y su Conversión a Control Numérico

Investigadores: Felipe Botero T, Roque Saltarén P. seis asistentes del pregrado de IM.

No es difícil suponer que la modernización del sector metalmeccánico del país y la adecuación de su capacidad de producción a las altas exigencias de calidad, cumplimiento y competitividad en un mercado local y externo conllevan a la inversión en sofisticados equipos de alta capacidad de producción y estrechas tolerancias de mecanizados. En contraste es evidente que existen limitaciones para muchos empresarios, en su capacidad de inversión en costosos bienes de capital y la disposición de créditos favorables, en consecuencia por qué no pensar en realizar la conversión del numeroso parque de máquinas herramientas convencionales, a máquinas herramientas con facilidades reales de control numérico y comunicación con un ordenador ligado a las oficinas de diseño de productos. Es plausible hoy en día atacar este problema pues existen en el mercado numerosas alternativas como tarjetas de control multiejes, servomotores, sensores, software, el problema es integrar estos equipos coherentemente a un fin específico como es el de automatizar una máquina herramienta.

En este marco de ideas de Departamento de Ingeniería Mecánica así como el CIFI han iniciado trabajos de investigación, realizándose inversiones como son:

- \* La adquisición de una máquina herramienta multipropósito de tres ejes X,Y,Z (ver figura -4).
- \* La adquisición de variadores de velocidad AC para el control del motor del husillo y motores de paso.
- \* Adquisición de transmisiones de potencia lineales.



Este proyecto de investigación (ver figura 3-4). Se inició en el año de 1989. Los primeros pasos comprendieron la exploración de la conveniencia de fabricar Robots en el país, y las necesidades del sector industrial de este tipo de equipos. A lo largo de la realización de visitas a varias Industrias tanto de los posibles fabricantes y proveedores de partes de Robots, como de usuarios, se tuvo una idea clara sobre la conveniencia de iniciar seriamente un diseño de un prototipo industrial que correspondiera a las expectativas

\* La adición de espacio físico para estas investigaciones y la disposición de equipos computacionales para Investigación (PC 486).

De igual manera se realizó un estudio por parte del Director del Departamento de Ingeniería Mecánica, Rafael Beltrán P., sobre los aspectos docentes relacionados con los problemas actuales de la Ingeniería de manufactura, la investigación y desarrollo de nuevos productos y la formación de Ingenieros con capacidades de actuar en un contexto altamente exigente en conocimientos de diseño mecánico y la integración del diseño a una producción automatizada de alta calidad, apoyándose en recursos razonablemente disponibles en nuestro medio como es el caso del software CAD/CAM. Este estudio dió lugar a la creación de una opción en Ingeniería de Manufactura, con lo que se espera formalizar los aspectos docentes en estas áreas del conocimiento y realimentar la capacidad de los estudiantes a través de Investigaciones y los desarrollos que se irán concretando en proyectos que impliquen la automatización de sistemas mecánicos, la tecnología de mecanizado, control numérico y el diseño mecánico.

evidente de su papel en realizaciones de trascendencia práctica y formativa.

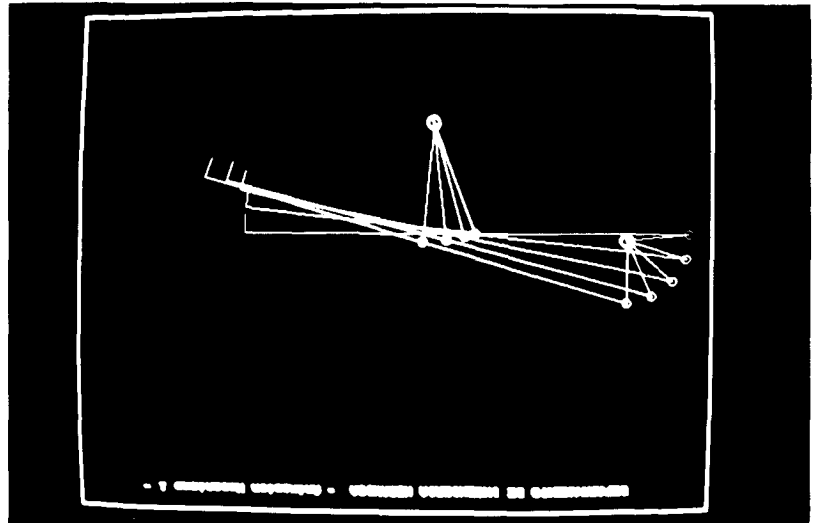


figura 1

## Conclusiones.

Dentro de este panorama de actividades es importante notar una línea de acción claramente definida entre las actividades docente, investigativas y de realización de prototipos de software y físicos de aplicación real a la industria, con un respaldo económico y de infraestructura conjunto de la facultad de Ingeniería, el CIFI, COLCIENCIAS y los Departamentos de Ingeniería Mecánica, de Sistemas y Eléctrica, cuyos resultados concretos están claramente identificados. De otra parte es notable la vinculación de los estudiantes a las labores de investigación y desarrollo, gracias a mecanismos como son por ejemplo los cursos de Proyectos Especiales, y el sentimiento

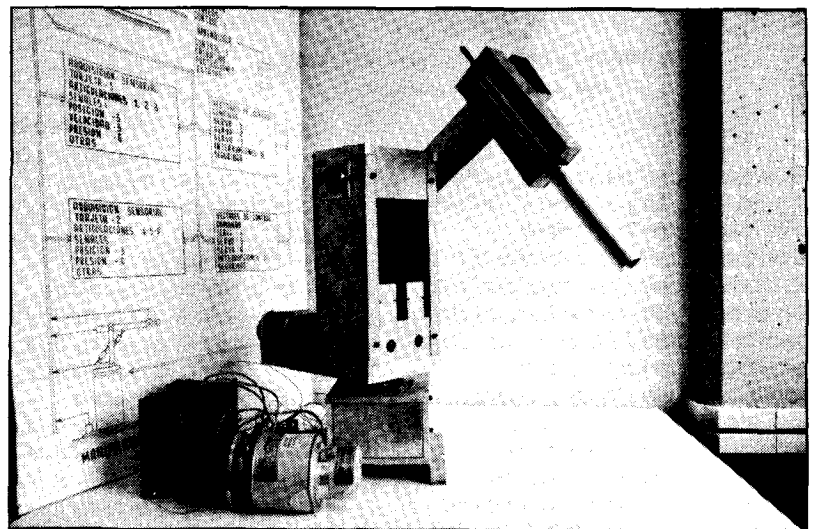


figura 2

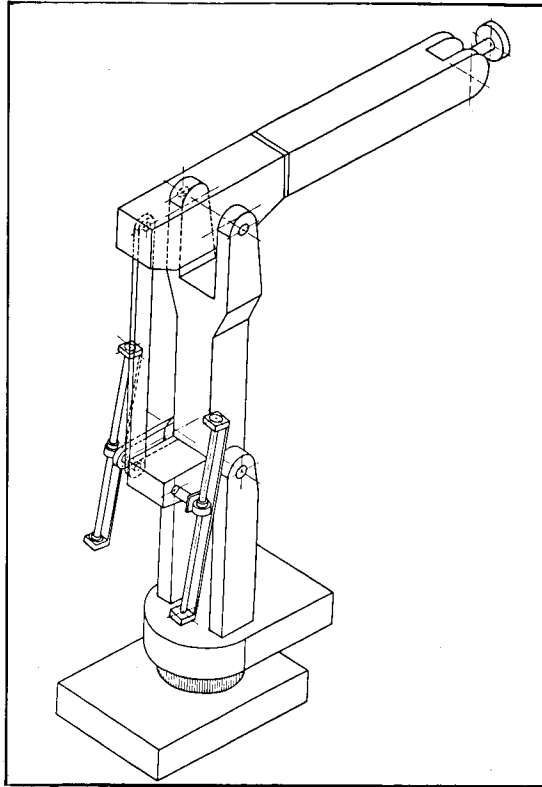


figura 3

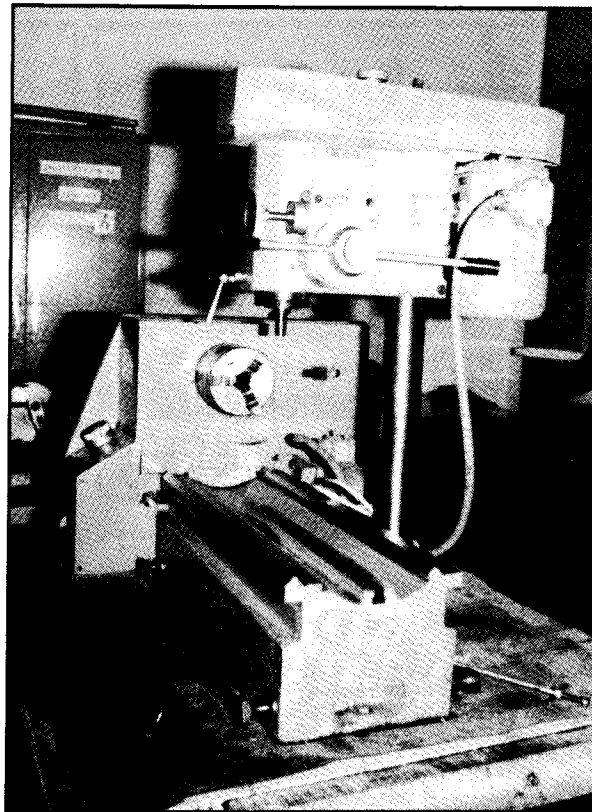
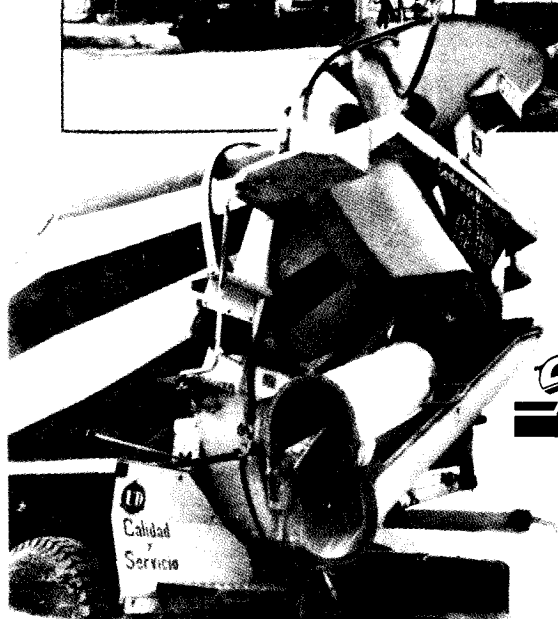
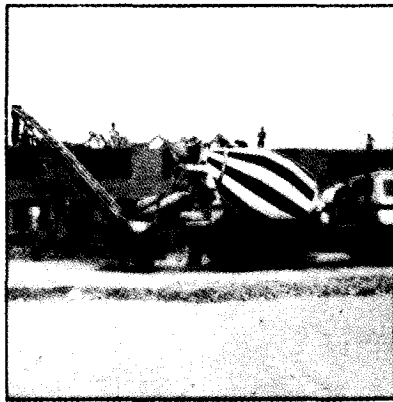
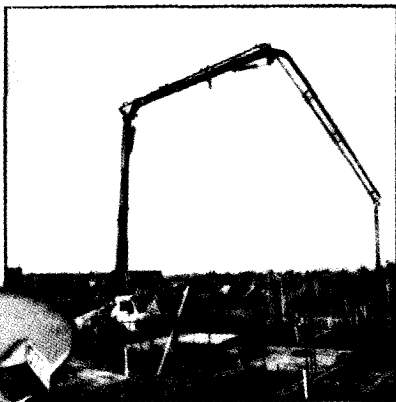
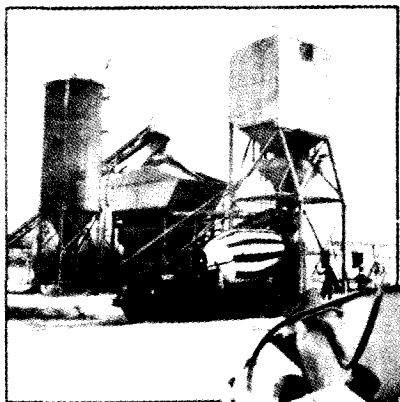
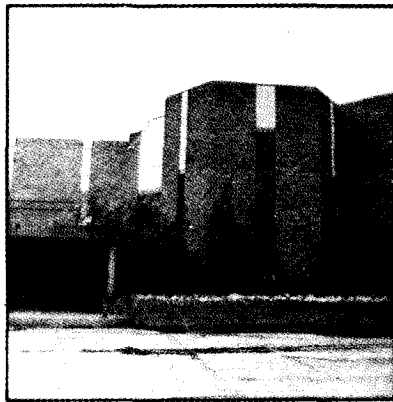
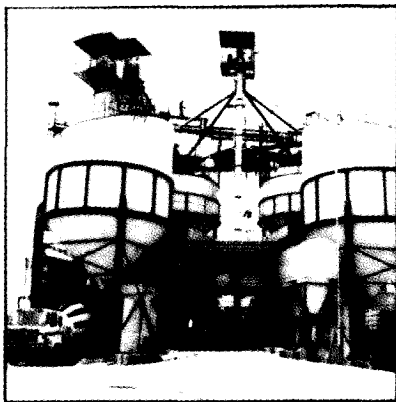
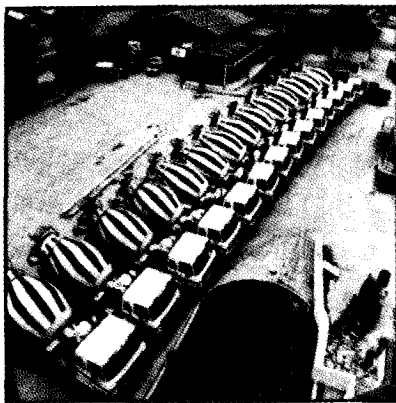


figura 4



#### CONCRETOS

- Corriente
- Tremie
- Lanzado
- Bomcreto
- Fluidocreto
- Pavicreto

#### MORTEROS

- Corriente
- Mampostería
- Grouting

#### SERVICIOS

- Bombas Estacionarias
- Pavimentadoras
- Autobombas
- Bandas Transportadoras
- Plantas Móviles

## Central de Mezclas

### Calidad y servicio

Oficinas Principales Autopista Medellín 66 A-48 - Conmutador: 2243211  
Ventas: 2768213-2761968 - Apartado: 80318 - Bogotá-Colombia