

# Interacción Multilateral vía Internet II con Robots Cooperativos

CENIIA - U. de G.

DEPFI – UNAM

Mecatrónica-CINVESTAV

# Participantes



## CINVESTAV

Sección de Mecatrónica

### Responsables

- V. Parra Vega
- F.J. Ruiz Sánchez

### Asistentes

- MC H. I. Torres
- MC E. Dean
- MC J. A. Méndez
- MC L. G. García



## UNAM DEPFI

### Responsable

- M.A. Arteaga Pérez

### Asistentes

- MC J. C. Rojas



## U de G CENIIA

### Responsables

- V.M. Larios Rosillo
- M.E. Meda Campaña

### Asistentes

- LSI M.E. Zavala
- LSI M.P. Martínez
- Ing S. Ramírez



# Contenido

- Descripción del proyecto
- Requerimientos de red
- Sistemas desarrollados
- Resultados
- Comentarios finales



# 1. Descripción

- Proyecto:

## *Interacción Multilateral vía Internet II con Robots Cooperativos*

Desarrollo de Aplicaciones Avanzadas sobre Internet 2  
CONACyT-CUDI 2003

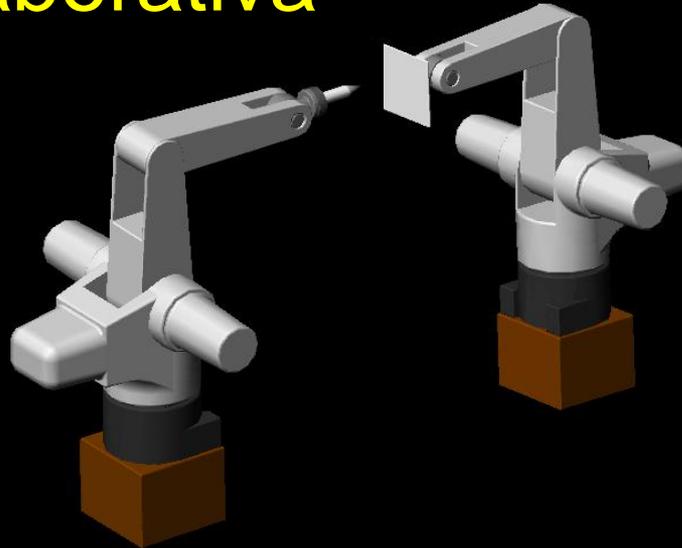
- Objetivo general:

- *Realizar tareas cooperativas de contacto con un sistema de robots manipuladores teleoperados desde dos estaciones remotas vía I2.*



# 1. Descripción

## Acción Colaborativa

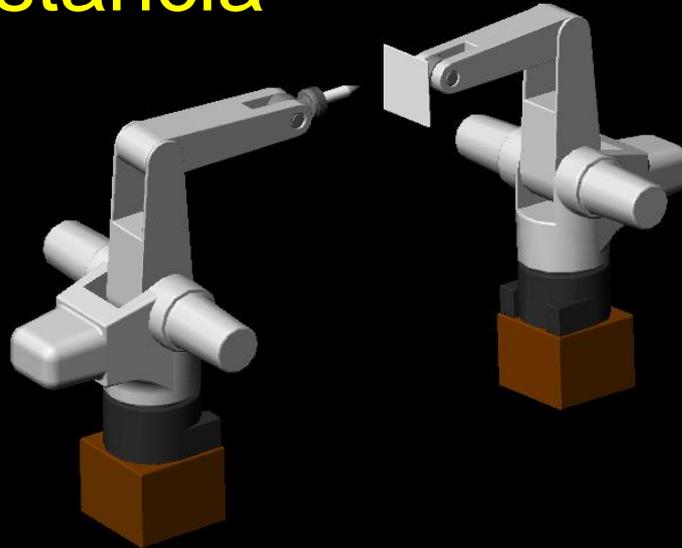


- Control por retroalimentación de fuerza
- Tarea específica: Escribir en una pizarra



# 1. Descripción

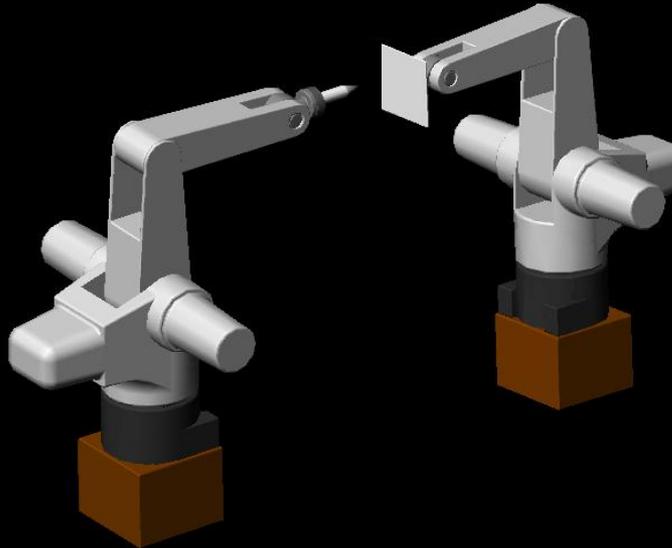
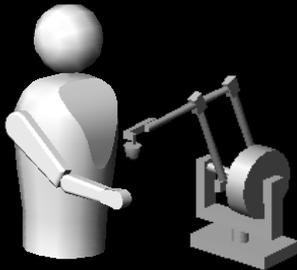
## Control a distancia



# 1. Descripción



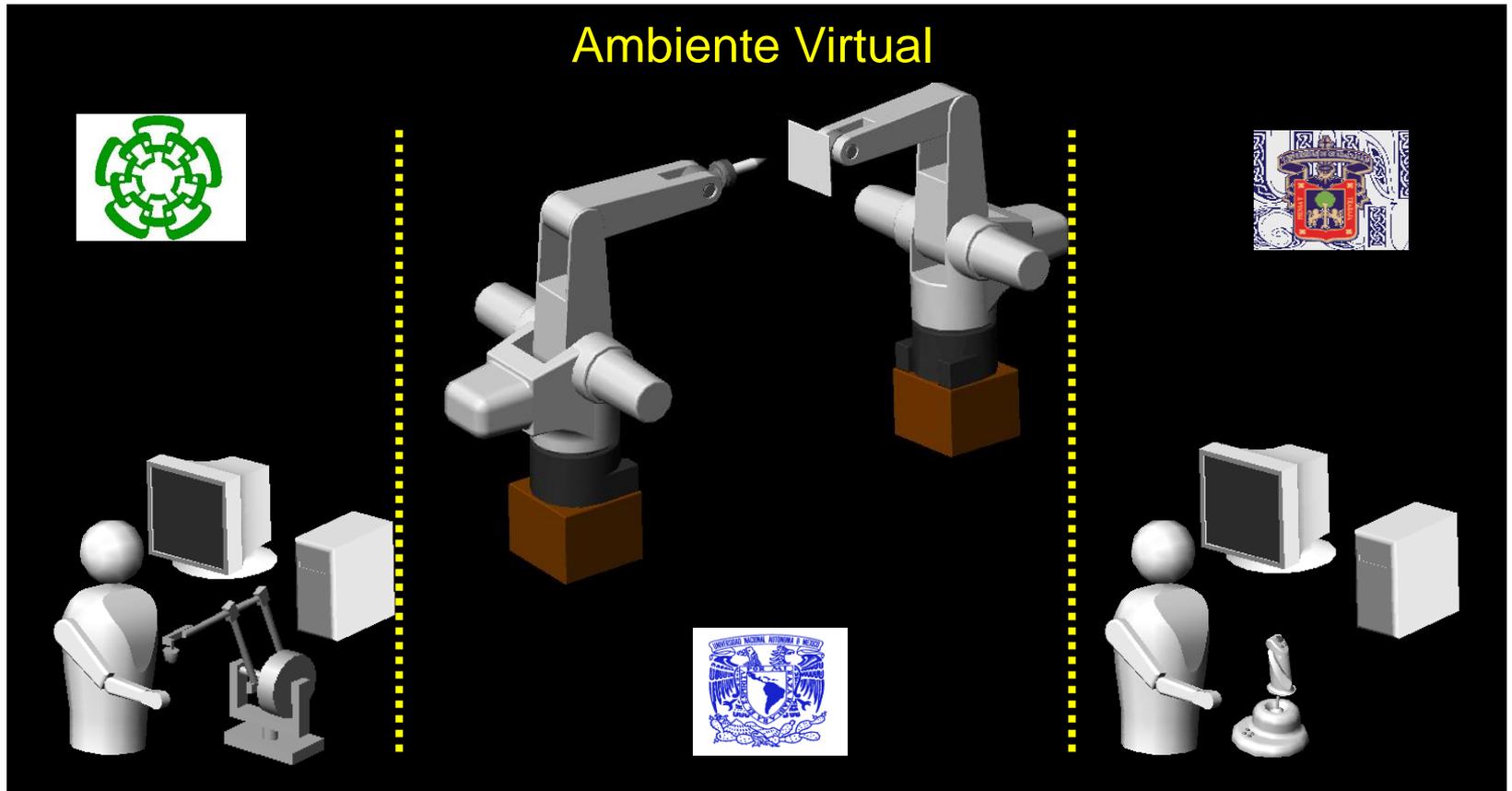
Interfaz háptica  
Phantom



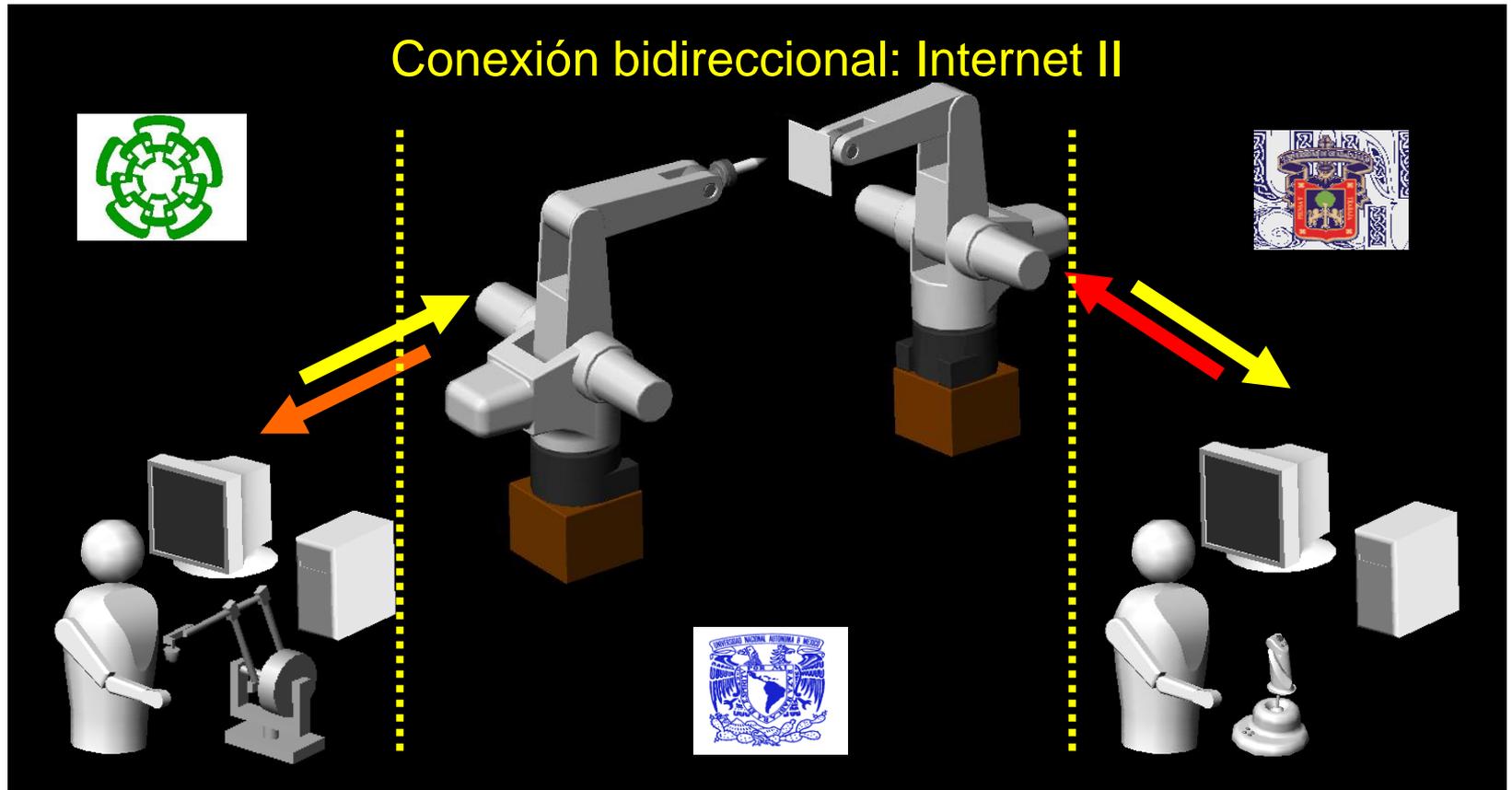
Interfaz háptica  
Joystick



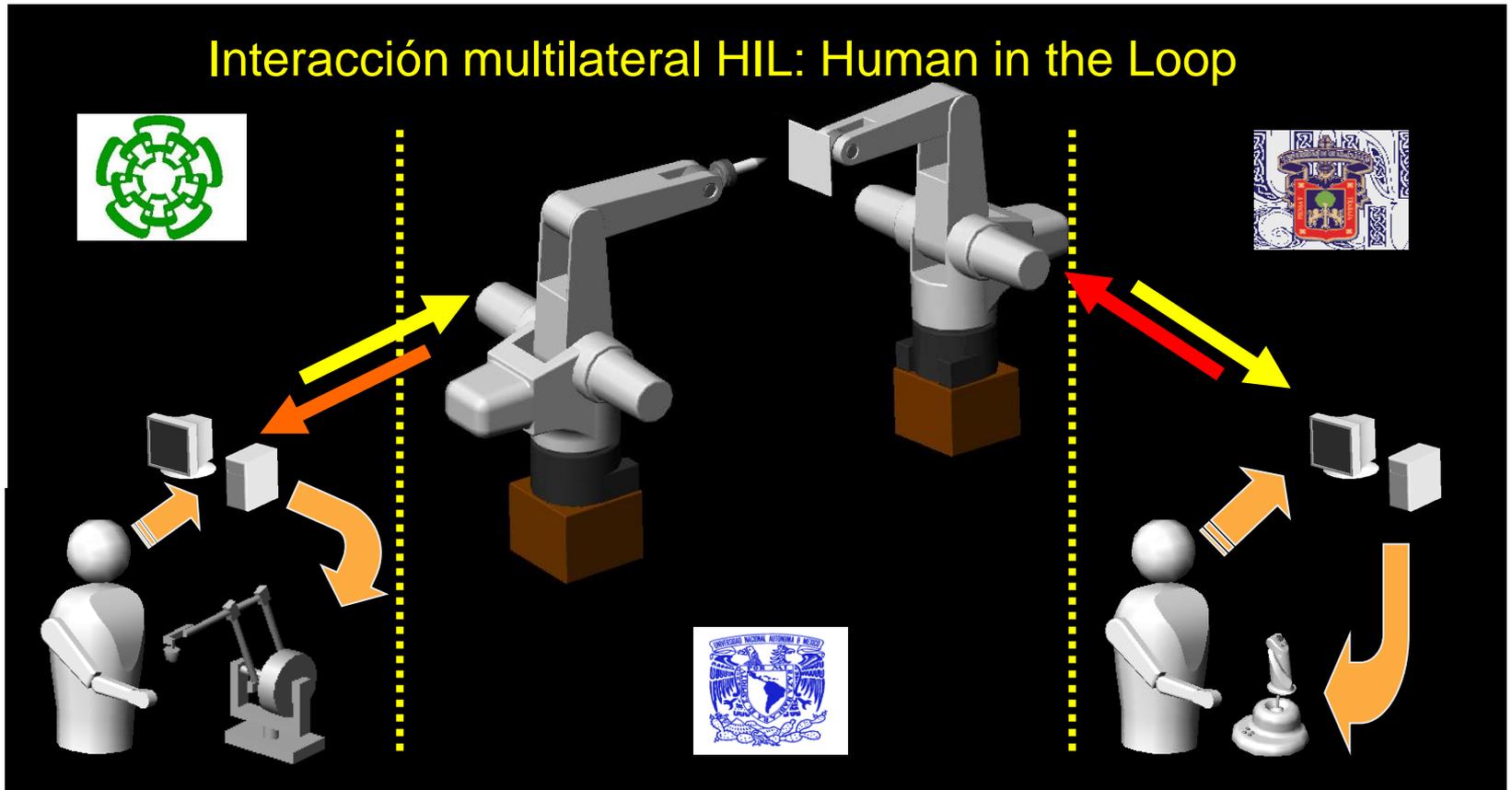
# 1. Descripción



# 1. Descripción



# 1. Descripción



## 2. Requerimientos de red

### Requerimientos de red:

- **Comunicación y conexión permanente** multipunto en línea
- **Retardo acotado** de pequeña magnitud apropiados para la validez de leyes de control continuas.
- **Retroalimentación continua** multilateral de las fuerzas de contacto entre los operadores y los robots cooperativos.
- **Gran ancho de banda**
  - Efectiva estimulación bilateral de fuerza.
  - Canales diferenciados para jerarquizar las variables de control, de sensado, de monitoreo/supervisión de la tarea.
  - Canal de video y audio (comunicación entre operadores).
- **Baja latencia** y control de calidad de servicio por software para la estimulación visual compatibles con la estimulación kinestética.
- Redes locales: No deben introducir latencia adicional



## 3. Sistemas desarrollados

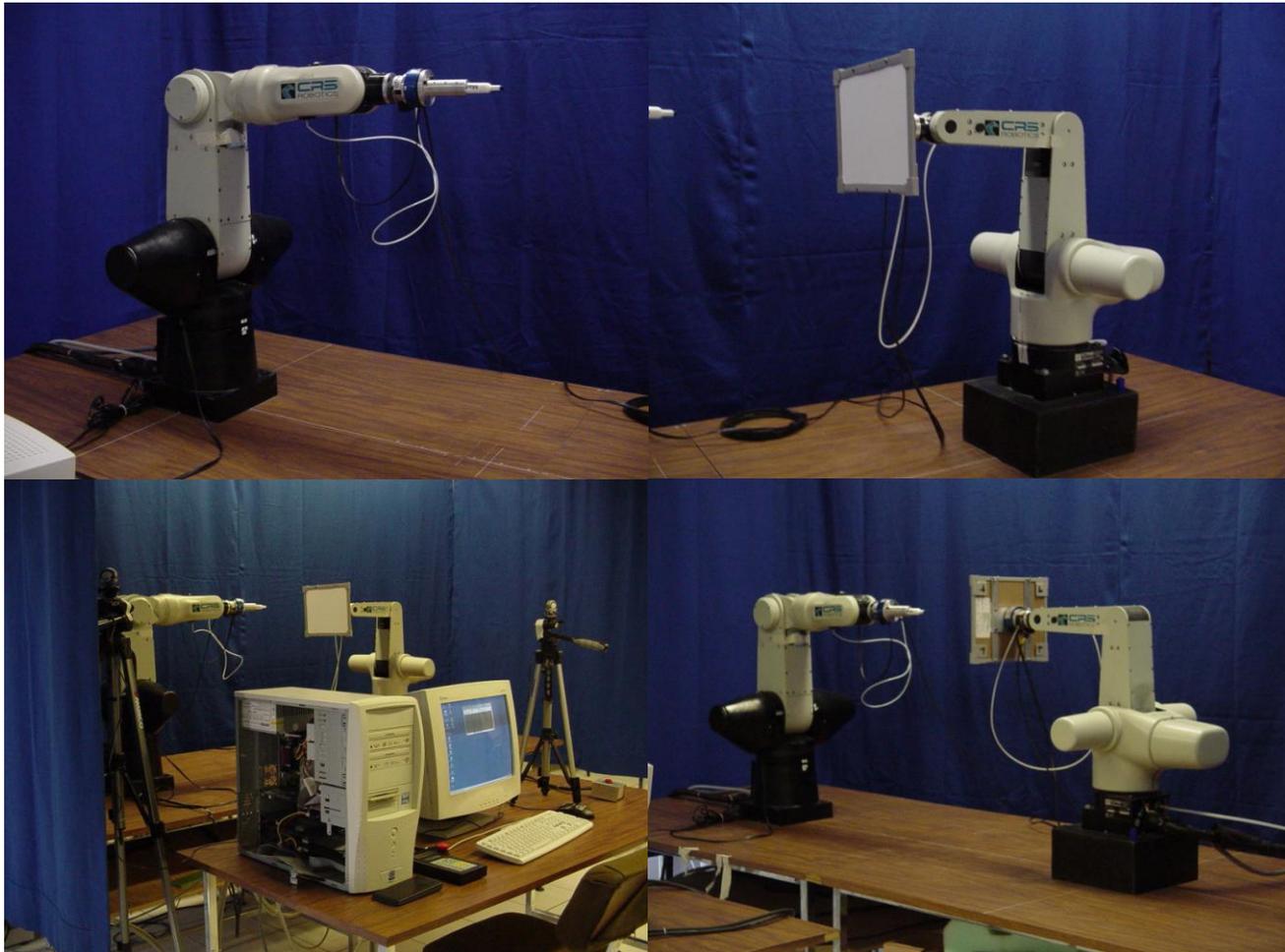
Durante la realización de este proyecto se desarrollaron:

1. Plataforma experimental robots cooperativos en la UNAM.
2. Estación de tele-presencia Cinvestav.
3. Estación de tele-operación UdG.
4. Sistema de visión sintética dinámico.
  - *Display* predictivo.
  - CAD del laboratorio de la UNAM.
  - Modelado y simulación, cinemática y dinámica, de los robots de la estación remota.



# 3. Sistemas desarrollados

## 1. Plataforma experimental robots cooperativos UNAM



Control  
de  
en  
robots

# 3. Sistemas desarrollados

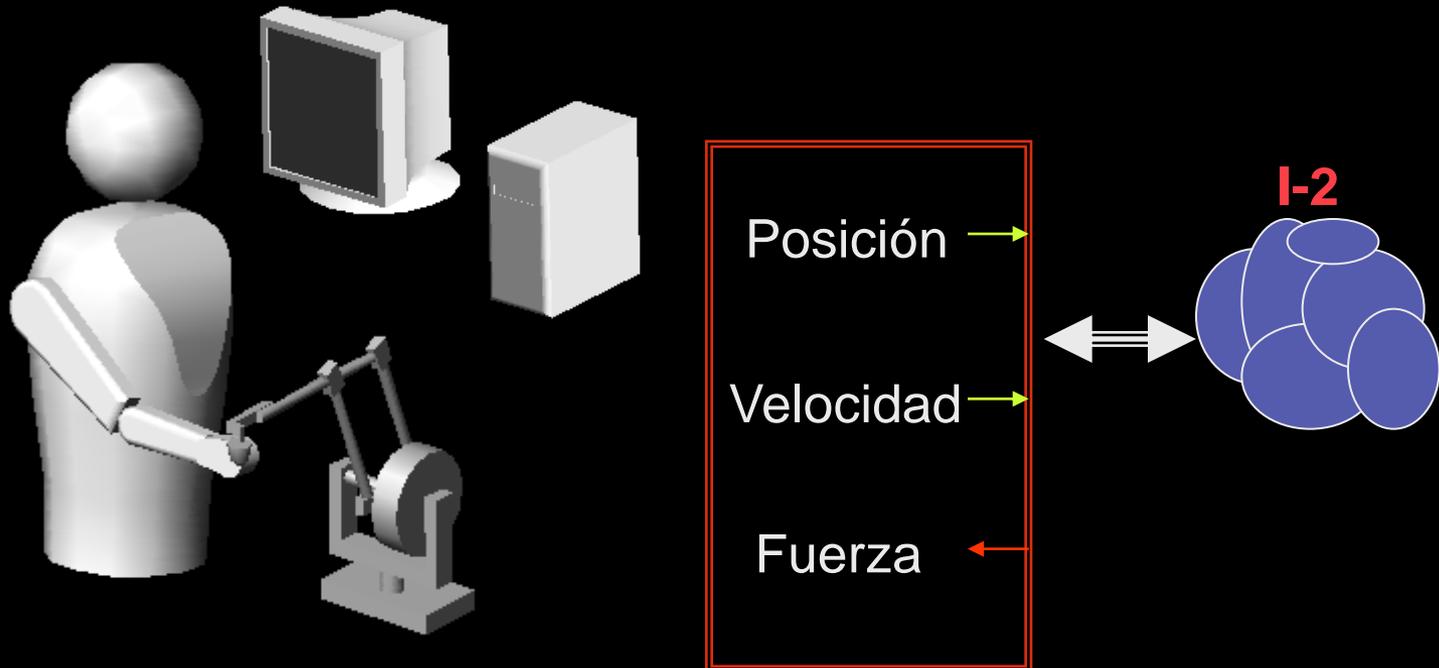
## 2. Estación de tele-presencia CINVESTAV.

- Un robot maestro háptico PHANToM™ de tres gdl.
- Comunicación bidireccional usuario-PHANToM
  - Adquisición de coordenadas de posición de PHANToM.
  - Generación de las trayectorias deseadas de movimiento del robot.
- Escritura de componentes de fuerza
  - Obtención del conocimiento por parte del usuario, de las fuerzas de interacción a las que se encuentra sometido el robot.
- Servo via Linux.
- Display predictivo



### 3. Sistemas desarrollados

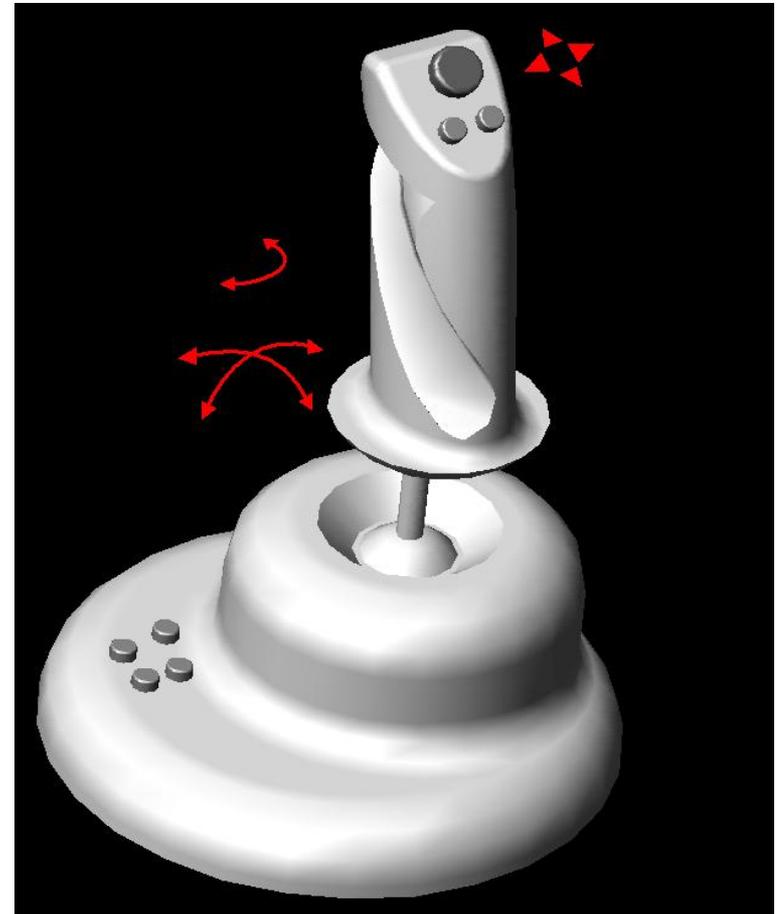
Funcionamiento: Comunicación bidireccional usuario- PHANToM



# 3. Sistemas desarrollados

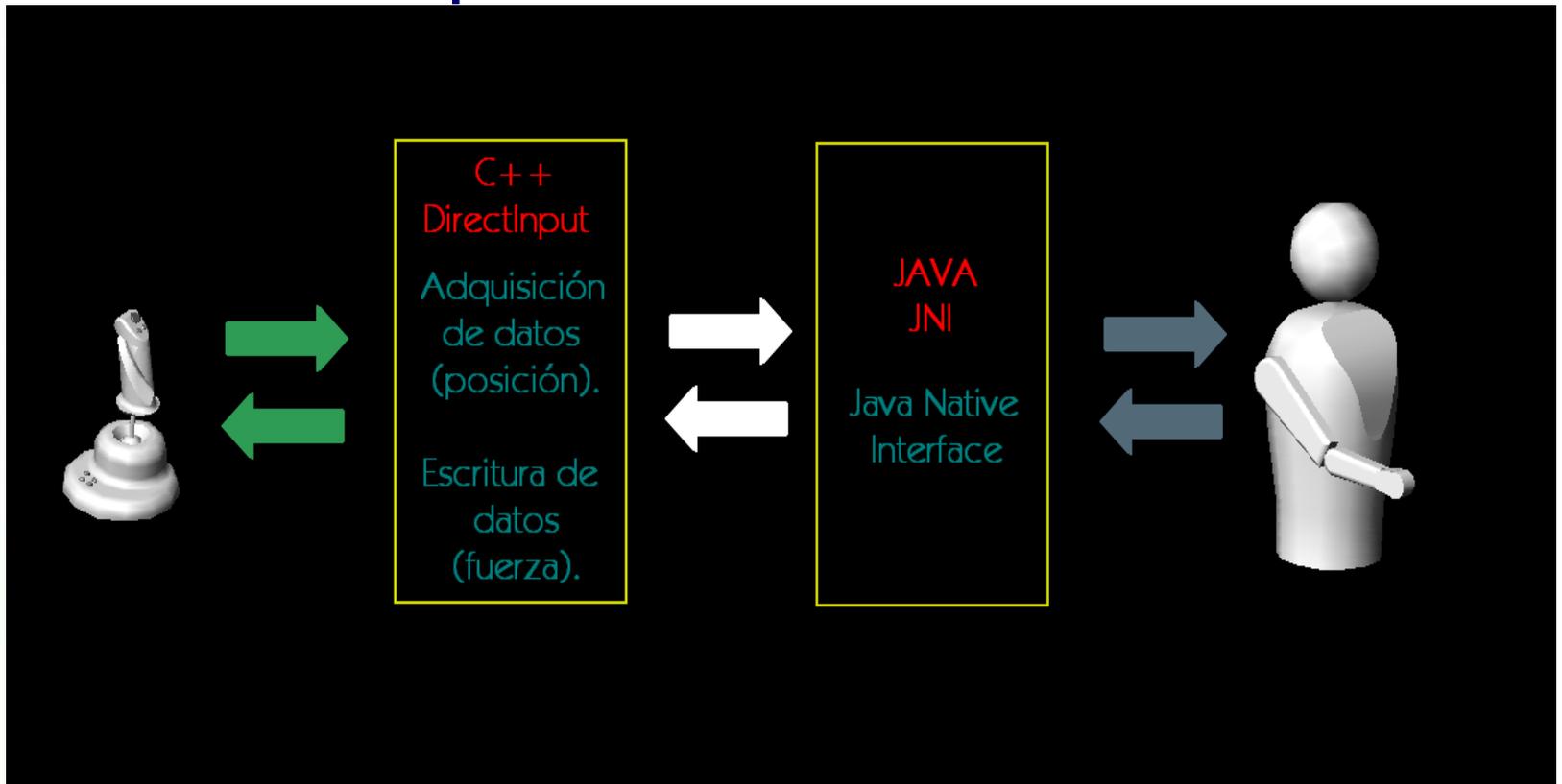
## 3. Estación de teleoperación UdG

- Un joystick reactivo *Microsoft sidewinder 3 gdl.*
  - Adquisición de coordenadas de posición del Joystick.
  - Generación de las trayectorias deseadas de movimiento del robot.
- Escritura de componentes de fuerza
  - Obtención del conocimiento por parte del usuario, de las fuerzas de interacción a las que se encuentra sometido el robot.
- Empleo de Direct Input y JNI.
- Lentes estereoscopios.
- Display predictivo.



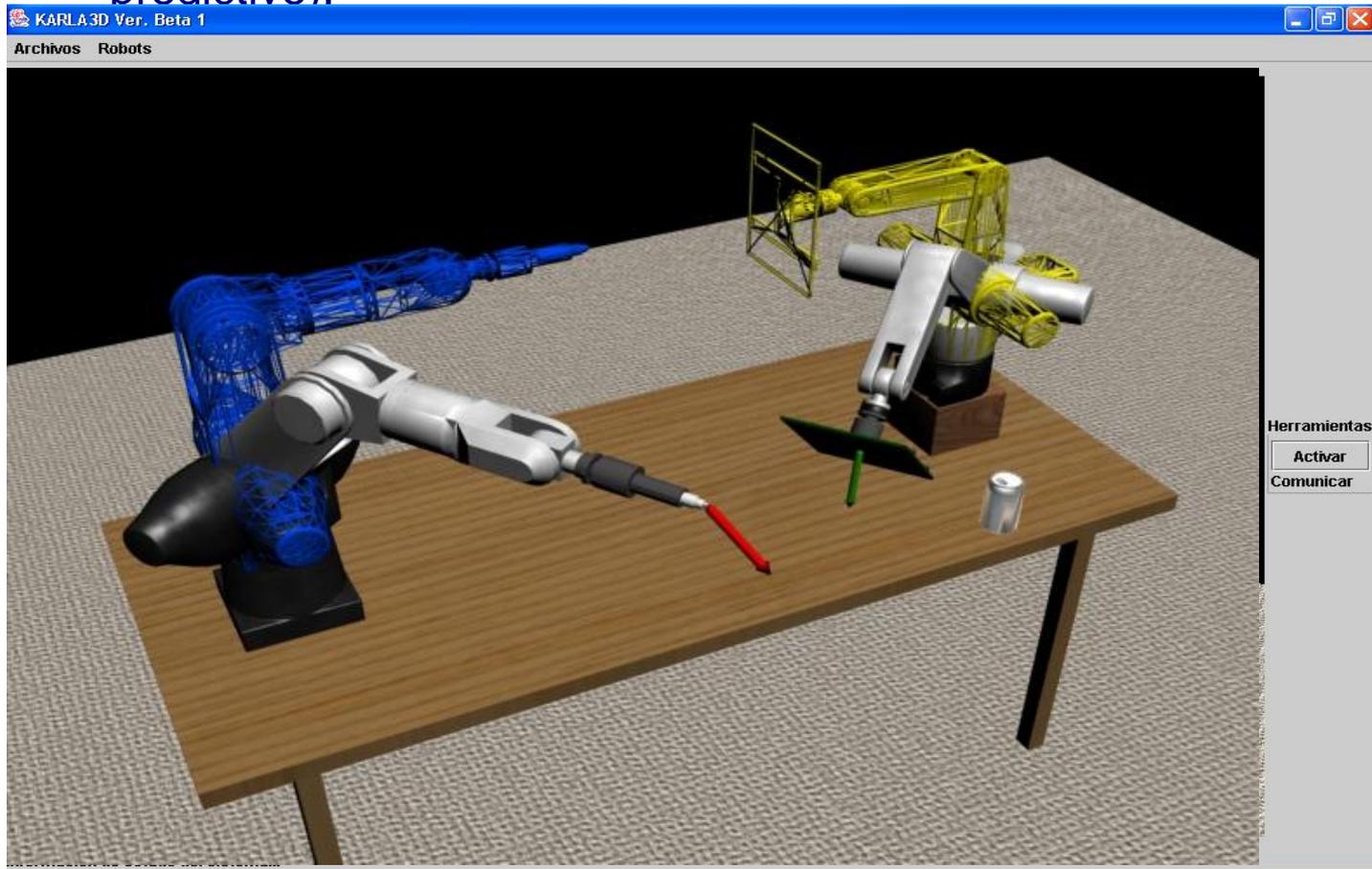
# 3. Sistemas desarrollados

## Estación de teleoperación UdG



## 3. Sistemas desarrollados

### 4. Sistema de visión sintética dinámico trilateral (Display predictivo).



# 3. Sistemas desarrollados

---

## Plataforma computacional I-2

1. Comunicación y conexión permanente multipunto (esquema peer to peer) con administración asíncrona.
2. Canales diferenciados para jerarquizar las variables de control, de sensado, de monitoreo/supervisión de la tarea.
3. Webcam y software (desarrollado en UdG) de videoconferencia para supervisión en línea sobre internet2.
4. El sistema soporta otros usuarios en modo observador del display predictivo (observadores pasivos).

## 3. Sistemas desarrollados

- Sistema de videoconferencia para supervisión entre estaciones.



## 3. Sistemas desarrollados

---

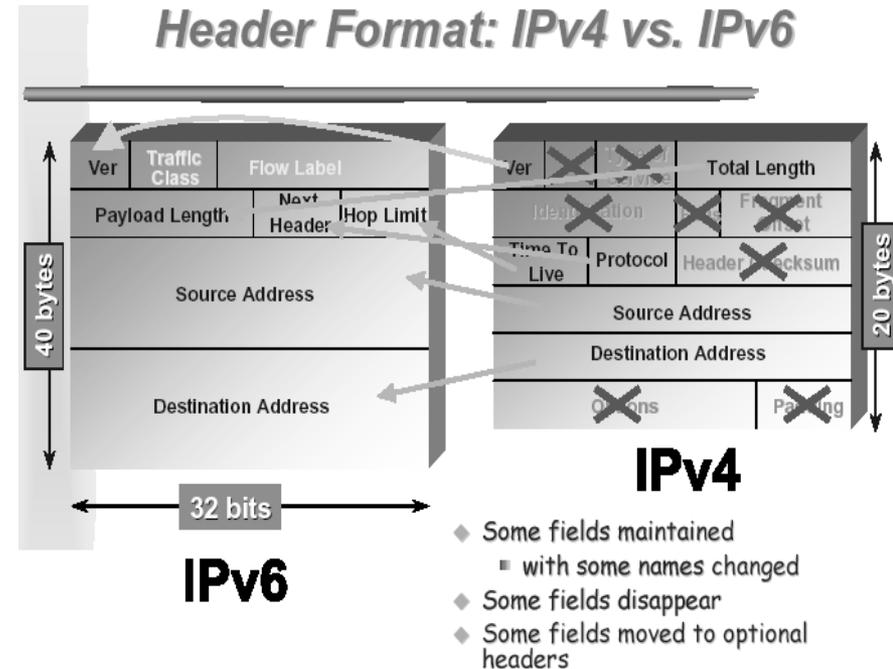
5. Soporte operativo de IPV4 a IPV6 (flexibilidad)
6. Monitoreo del trafico multi usuario
7. QoS
8. Análisis de tráfico y latencia
9. Síntesis de la topología y manejo de conflictos con Redes de Petri y DES



# 3. Sistemas desarrollados

## Soporte IPv6 sobre IPv4

- Simplificación del protocolo, para agilizar procesamiento de paquetes.
- Mayor atención al tipo de servicio, especialmente a los datos de tiempo real.
- Tráfico de tiempo real
  - Tasa de envío constante
  - Permite a los enrutadores tener un mejor control de los paquetes de audio y vídeo en caso de congestión.



## 4. Primeros resultados

---

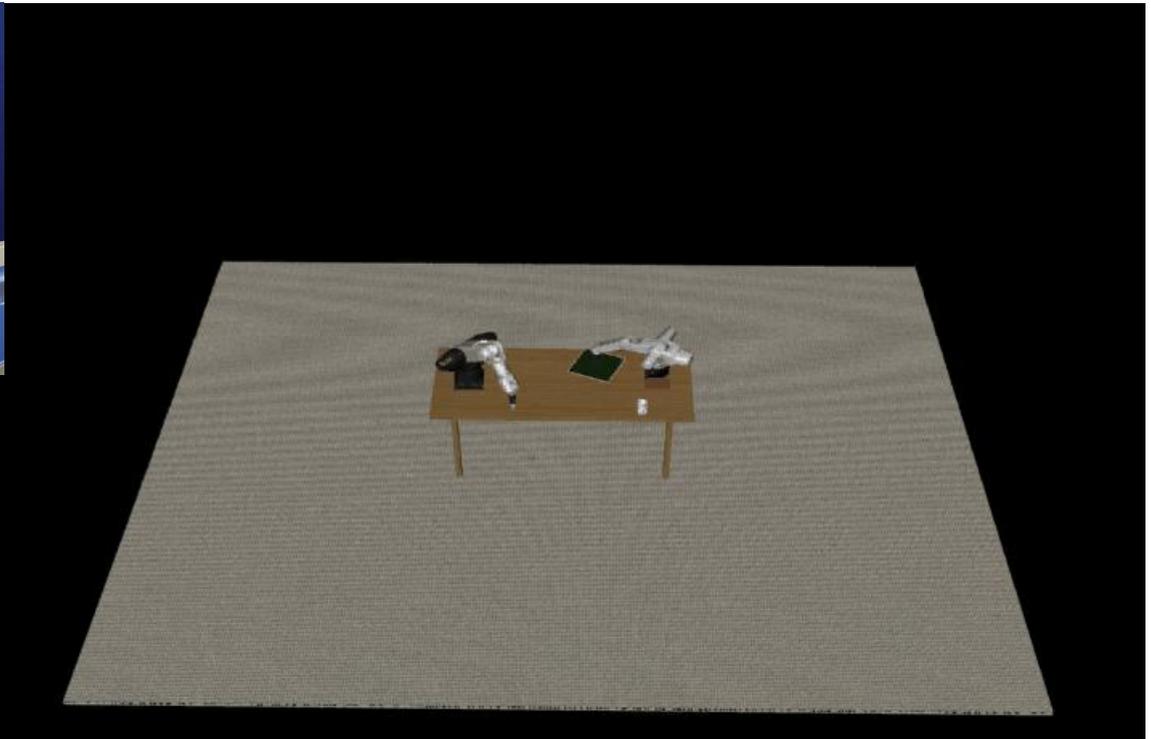
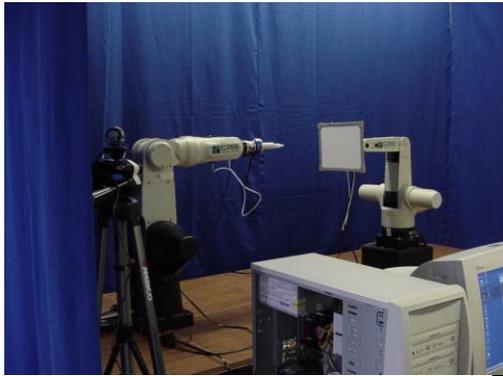
### Servo control

- ✓ Control simultáneo de fuerza y posición sin modelo, basado en pasividad y el principio de ortogonalización
- ✓ Acoplamiento kinestético trilateral
- ✓ Pasivación del sistema de lazo cerrado
- ✓ 7 modos de operación control supervisorio
- ✓ Latencia de 8 ms
- ✓ Interfaz Háptica
  - Método de penalización
  - Lagrangiano restringido



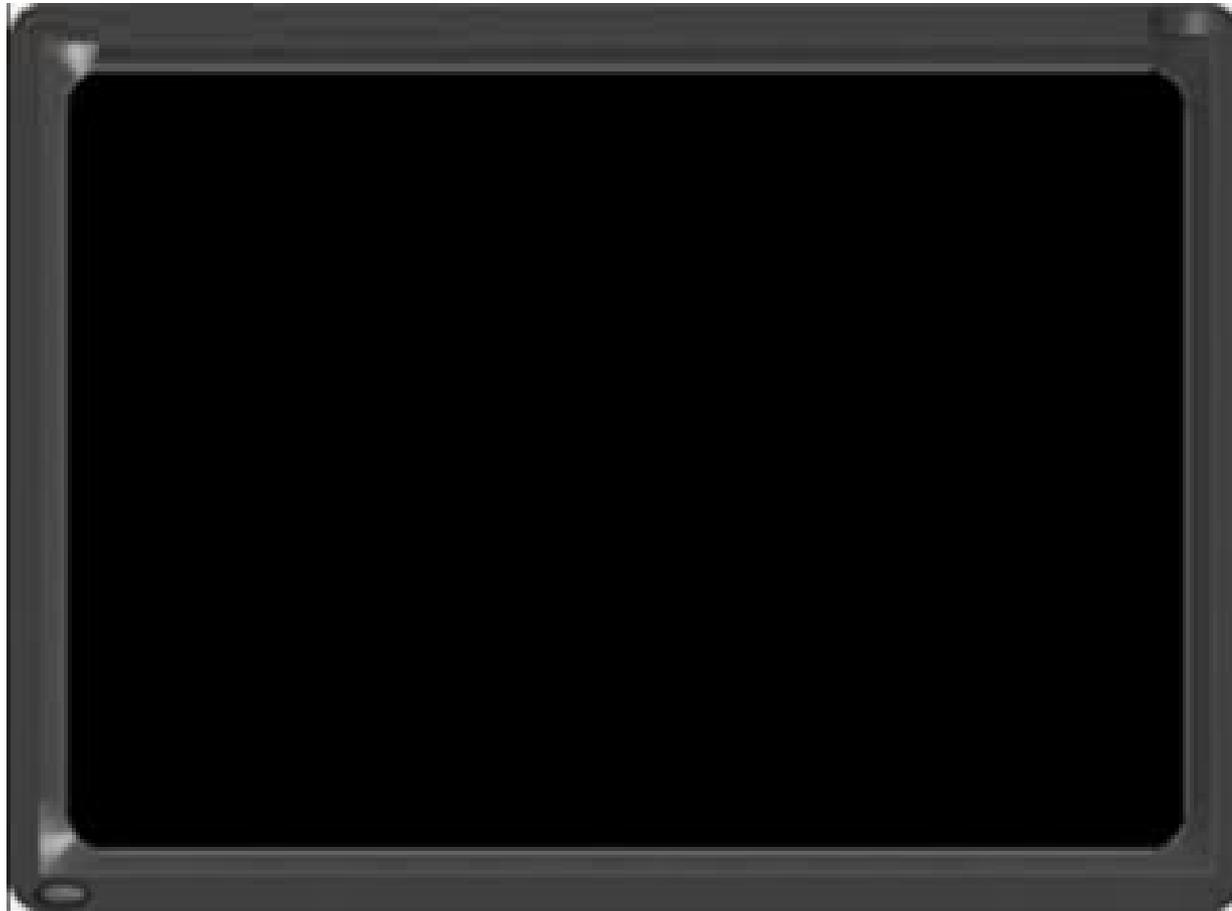
## 4. Primeros resultados

Sistema de visión sintética dinámico trilateral (Display predictivo).



## 4. Primeros resultados

### Experimento: Teleoperación local



## 4. Primeros resultados

---

1. La tarea se realizó localmente con éxito
2. Participación de recursos humanos:
  - 5 tesis de doctorado y 4 de maestría
3. Desarrollo de Infraestructura:
  - Una estación distribuida de cooperación robótica.
4. Difusión del conocimiento (preparación):
  - Al menos 4 conferencias de prestigio internacional
  - Al menos 2 artículos en revista de prestigio.
5. Clases y seminarios:
  - 4 seminarios de investigación.
6. Material impreso, electrónico y audiovisual:
  - Pagina web, videos, fotos, presentaciones



# 5. Comentarios finales

---

## Beneficios del proyecto

- Estudia las propiedades de Internet II
  - Ancho de banda
  - Retardos
- Enfrenta problemas científicos y tecnológicos abiertos
  - Teleoperación en lazo cerrado.
  - Esquema cooperativo: Interacción multilateral y control de concurrencia.
  - Sistemas en contacto: Control Fuerza-Posición.
  - Sistemas de inmersión: Interfaz háptica, Internet2 y control de Calidad de Servicio.



## 5. Comentarios finales

---

- Los módulos están en validación para realizar las pruebas finales vía Internet2.
- Dificultades normales para la integración del equipo multidisciplinario.
- Respuesta de CUDI
  - Expedita administración de recursos
  - Apoyo eficiente



# Informes

## Dr. Vicente Parra Vega

Profesor Titular - Jefe Sección Mecatrónica  
Departamento de Ingeniería Eléctrica, INVESTAV  
Av. IPN 2508, 07300  
San Pedro Zacatenco  
México D.F., México  
Tel. 01 (55) 5747 3788 Fax. 01 (55) 5747 3866

## Dr. Marco Arteaga Pérez

Profesor Titular Sección Eléctrica – DEPMI  
Facultad de Ingeniería UNAM  
Coyoacán, C. P. 04510  
Ap. Postal 70-256  
México, D. F. México  
Tel. 01 (55) 5622 3013 Fax. 01 (55) 5616 1073

## Dra. Maria Elena Meda Campaña

Profesor Titular , Departamento de Sistemas de  
Información CUCEA  
Universidad de Guadalajara  
Mod. L-308 Periférico Nte. 799, Los Belenes 45100  
Zapopan, Jalisco  
Tel. 01 (33) 3770 3352 Fax. 01 (33) 3770 3352

## Dr. Francisco José Ruiz Sánchez

Profesor Adjunto - Sección Mecatrónica  
Departamento de Ingeniería Eléctrica CINVESTAV  
Av. IPN 2508, 07300  
San Pedro Zacatenco  
México D.F., México  
Tel. 01 (55) 5747 3788 Fax. 01 (55) 5747 3866

## Dr. Victor M. Larios Rosillo

Profesor Titular - Director del CIIA  
Departamento de Sistemas de Información CUCEA  
Universidad de Guadalajara  
Mod. L-308 Periférico Nte. 799, Los Belenes 45100  
Zapopan, Jalisco  
Tel. 01 (33) 3770 3352 Fax. 01 (33) 3770 3352

Emmanuel Dean Doctorante Mecatrónica Cinvestav

Hassan Ismael Torres Doctorante Mecatrónica  
Cinvestav

Jorge Méndez Doctorante Mecatrónica Cinvestav

Martha Patricia Martinez Vargas Maestrante MTI  
CUCEA UdeG

Martha Elena Zavala Maestrante MTI CUCEA UdeG