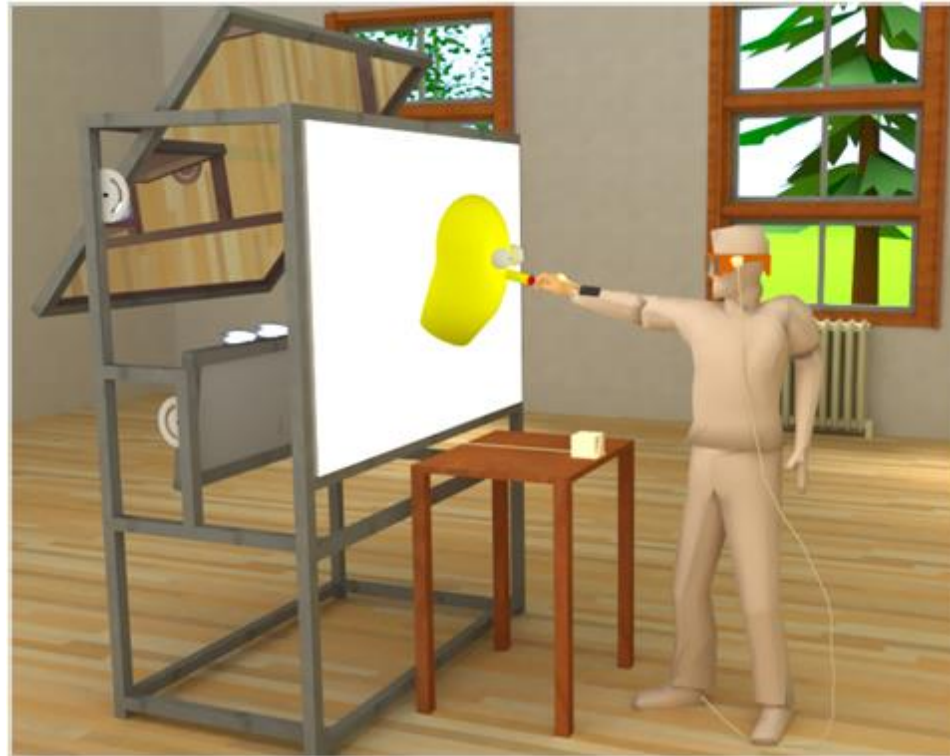


Diseño y construcción de un sistema inmersivo y de un guante con retorno táctil para el modelado de objetos 3D con las manos



Autor: Jonatan Martínez Muñoz

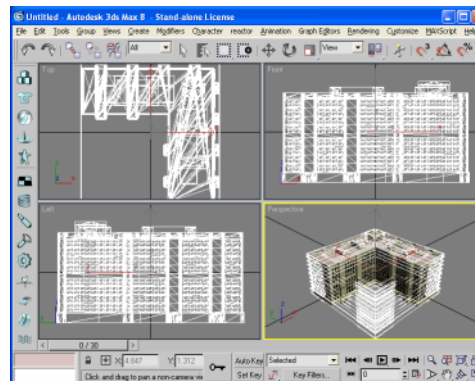
Director: José Pascual Molina Massó

Índice

1. Introducción
2. Estado del arte
3. Análisis de tecnologías
4. Diseño y construcción del guante háptico
5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado
6. Funcionamiento del sistema inmersivo
7. Conclusiones
8. Trabajo futuro

1. Introducción

- Gran importancia del tacto para la realización de actividades motoras.
- Desaprovechamiento generalizado del mismo en la interfaz de los ordenadores.
- La naturaleza 2D de las interfaces comunes las hace poco apropiadas para tareas que implican trabajar en un entorno 3D virtual.
- Ambas limitaciones hacen que tareas como el modelado de objetos 3D sean poco intuitivas.



2. Estado del arte

- La tecnología háptica se puede encontrar en dispositivos comunes como joysticks y gamepads, pero éstos no son adecuados para aplicaciones inmersivas.
- Los dispositivos hápticos específicos están orientados al sector profesional, y todos tienen en común su alto precio.
- Muchas veces los dispositivos comerciales no reúnen las características que uno busca, por lo que algunos autores deciden crearse los suyos propios.



3. Análisis de tecnologías

- Guantes de datos con retorno háptico
 - Construcción de una versión propia.
- Sistema de localización Flock of Birds
 - Permite conocer la posición y orientación de objetos en el espacio.
 - Tecnología electromagnética.
 - Formado por:
 - Tres unidades electrónicas.
 - Tres sensores.
 - Emisor.



3. Análisis de tecnologías

- Sistema de retroproyección estereoscópico
 - Permite ver escenas virtuales en 3D.
 - Soporte para múltiples usuarios.
 - Formado por:
 - Dos cañones con filtros polarizados.
 - Pantalla de proyección.
 - Estructura de soporte.
 - Gafas con filtros polarizados para los usuarios.



4. Diseño y construcción del guante háptico

- Objetivos

- Capacidad para transmitir una respuesta táctil al usuario independiente para cada dedo.
- Recoger información del estado de la mano del usuario.
- Formado por accesorios que puedan ser acoplados a otros guantes para ampliar su funcionalidad.
- Creado a partir de dispositivos electrónicos asequibles y fáciles de encontrar.

4. Diseño y construcción del guante háptico

- Actuadores

- Vibradores planos y cilíndricos consistentes en un motor con una masa descentrada acoplada.
- Encapsulados y situados en la yema de cada dedo.



- Captadores

- Contactos situados en la yema de cada dedo.
- Permiten conocer gestos basados en el contacto del pulgar con cualquiera de los demás dedos.



4. Diseño y construcción del guante háptico

- Interfaz

- Conexión por puerto paralelo.
- Permite la utilización directa de una línea de datos para cada vibrador, y de una línea de estado para cada contacto.
- Programación sencilla del driver.



- Alimentación

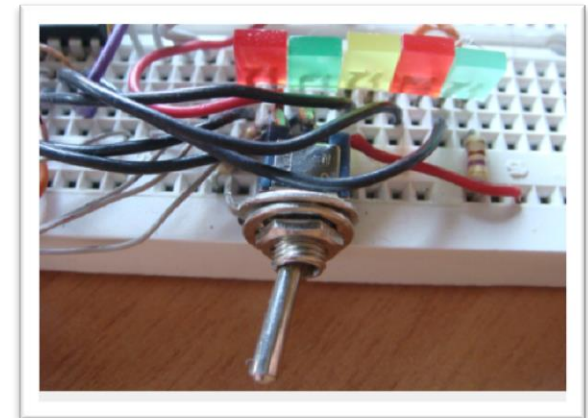
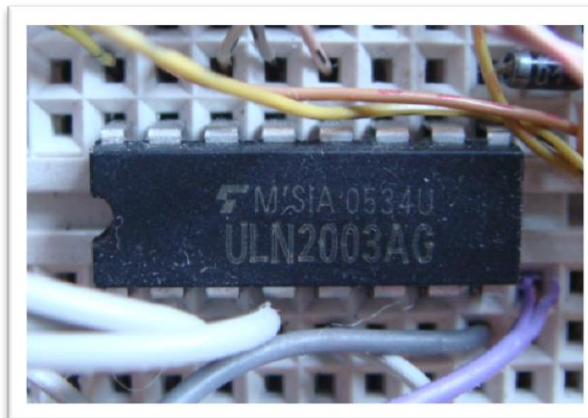
- Los cinco vibradores necesitan alimentación externa al puerto paralelo.
- Su bajo consumo hace posible la utilización del puerto USB.
- Se usa una de las líneas redundantes de masa del propio cable para transmitirla.



4. Diseño y construcción del guante háptico

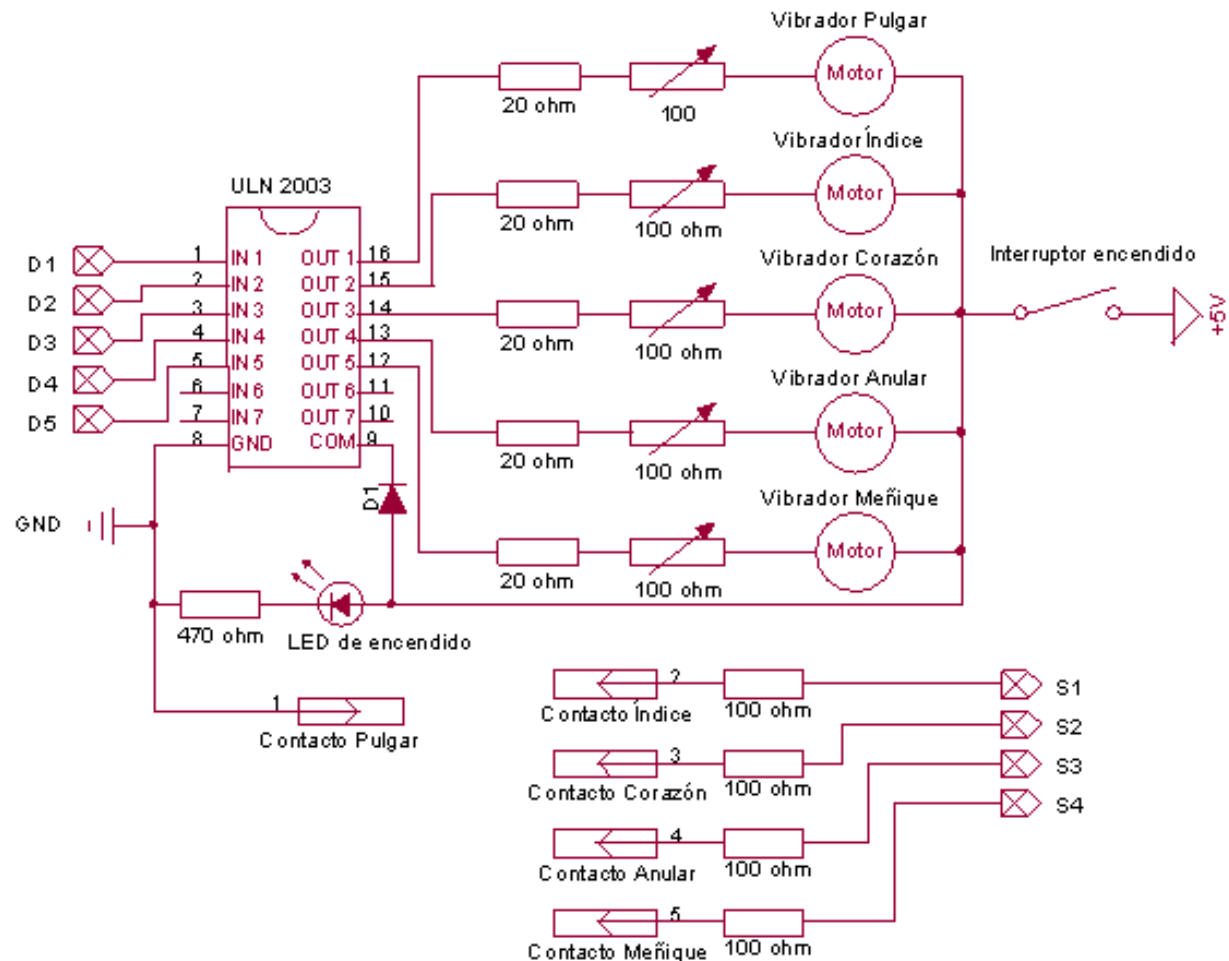
- Circuito

- Basado en el chip ULN-2003, que amplifica cada una de las señales de la interfaz paralela.
- Regulación independiente de cada vibrador mediante una resistencia variable.
- Indicadores del estado de vibración mediante LED.
- Interruptor para desactivar la vibración, e indicador de estado LED.



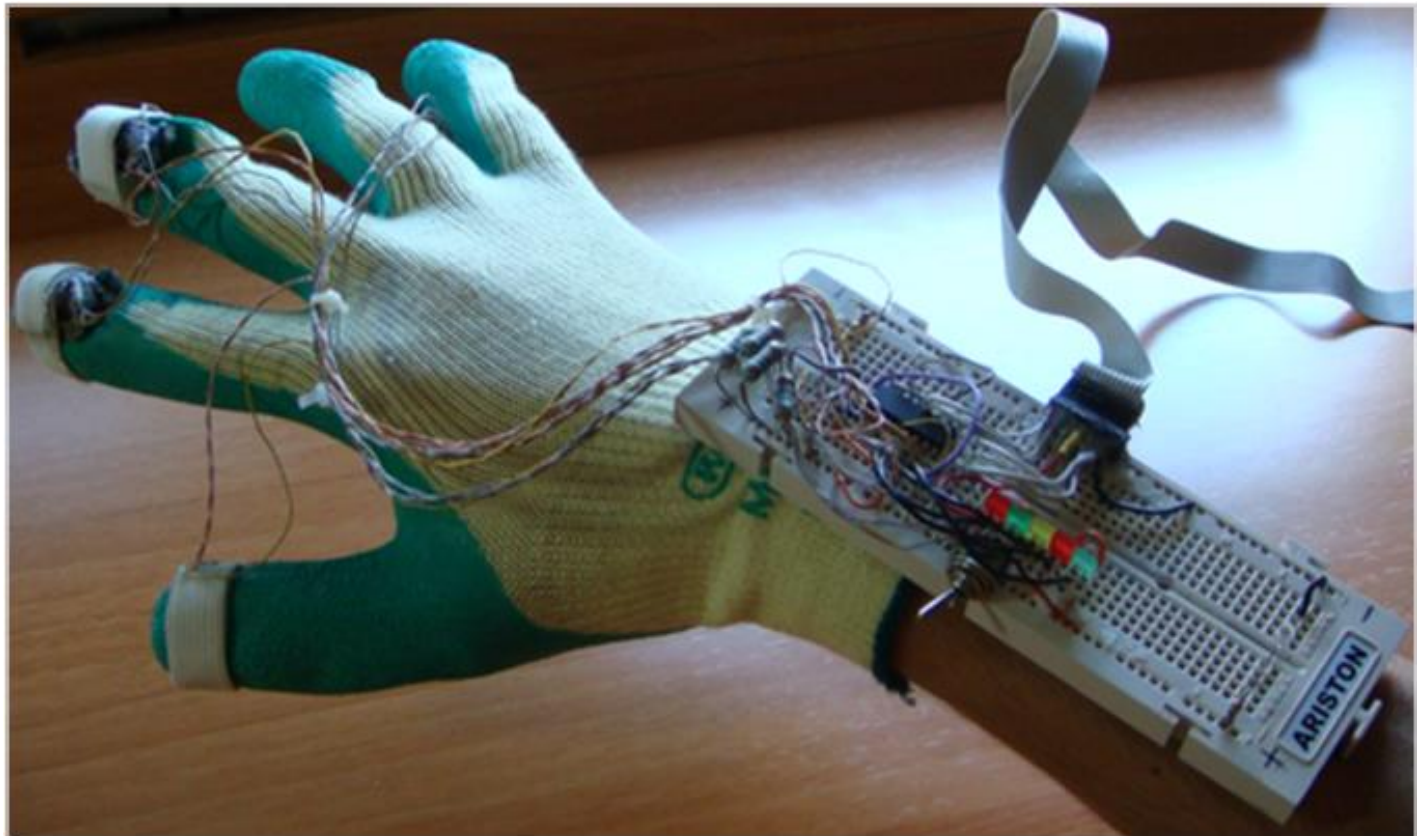
4. Diseño y construcción del guante háptico

- Circuito



4. Diseño y construcción del guante háptico

- Primer prototipo



4. Diseño y construcción del guante háptico

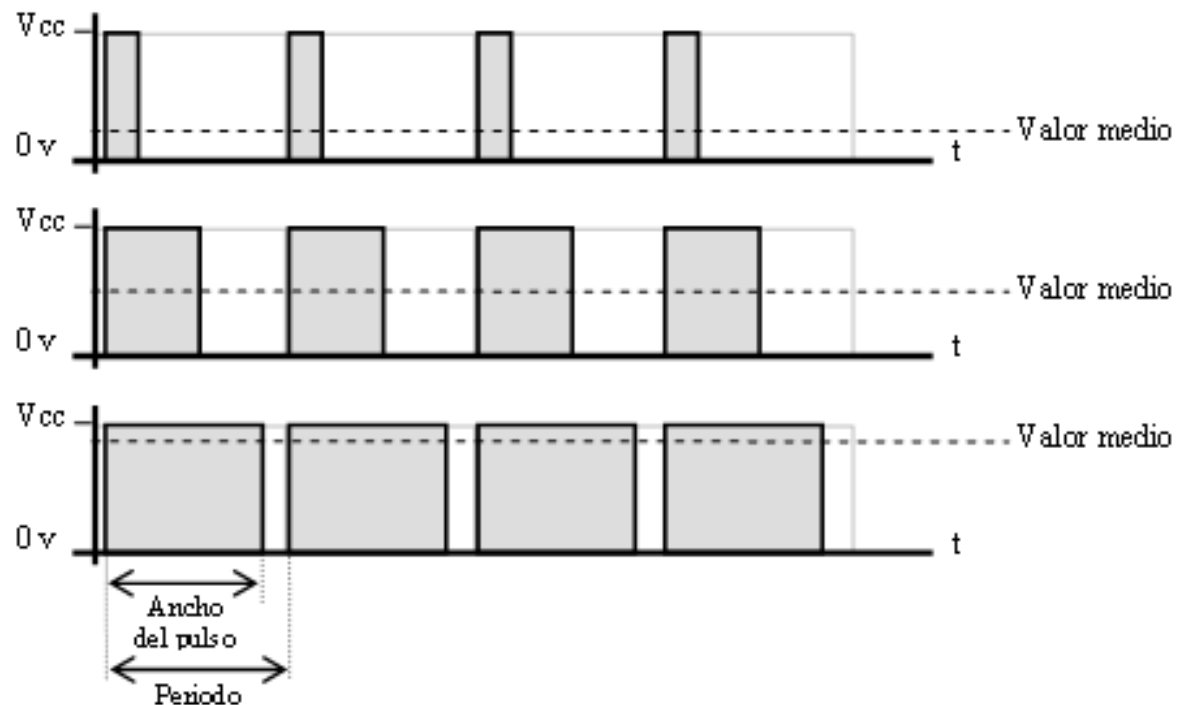
- Versión final



4. Diseño y construcción del guante háptico

- Driver

- Usa la librería de entrada/salida *Inpout32*.
- Basado en la modulación por anchura de pulsos (PWM).



5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Objetivos

- Modelar objetos virtuales de forma intuitiva con las manos.
- Soporte para un dispositivo de retorno táctil.
- Uso de un sistema de tipo proyectivo con gráficos estéreo.
- Debe seguir el punto de vista del usuario y el movimiento de su mano.
- Capacidad para cargar y guardar los modelos 3D.

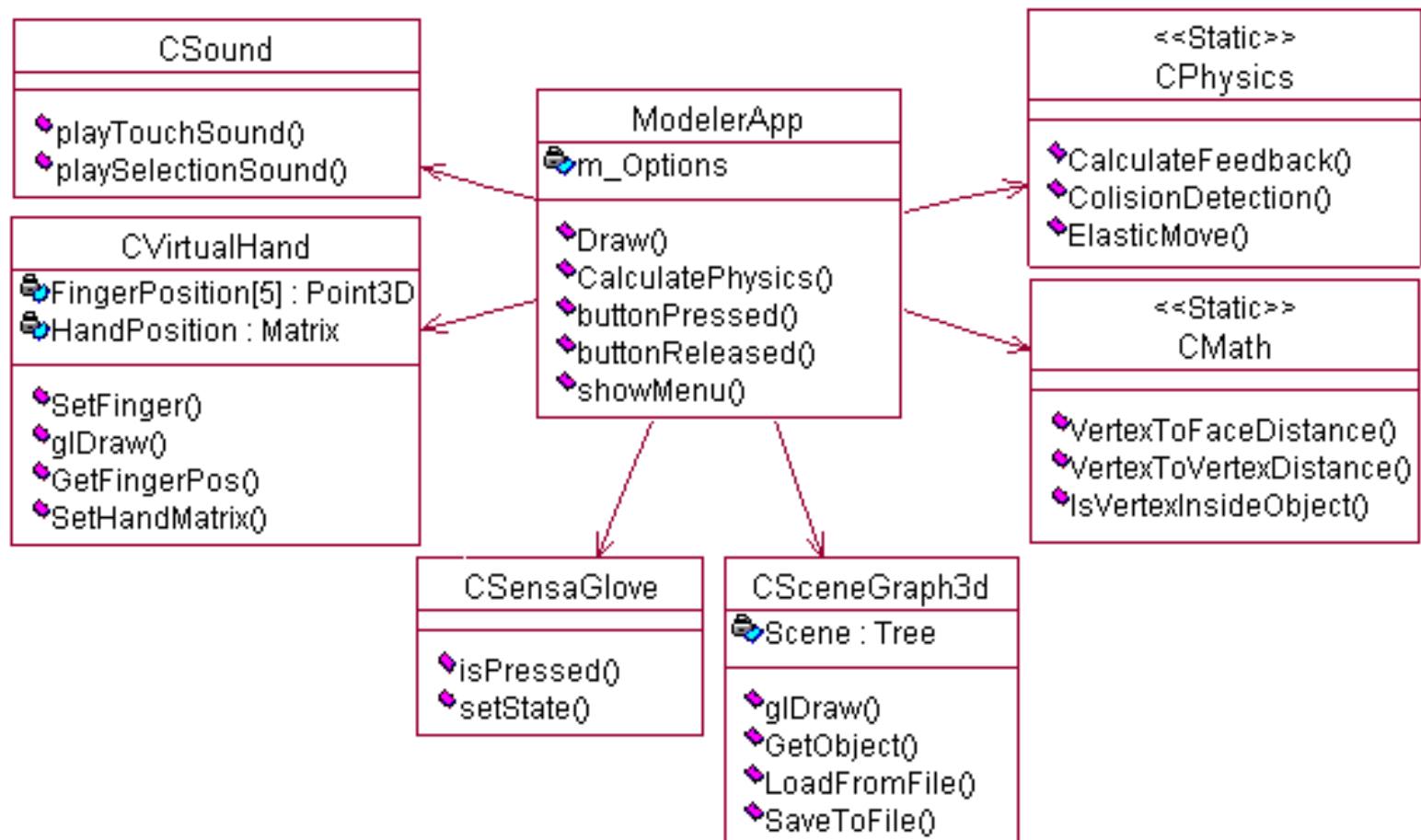
5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Tecnologías software usadas
 - VR Juggler
 - Plataforma para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual.
 - Está basada en la abstracción del hardware y del sistema operativo.
 - 3D Toolbox
 - Grafo de escena orientado al manejo de mallas de polígonos.
 - Gran extensibilidad.
 - OpenGL
 - API gráfica usada por VR Juggler.
 - Especificación estándar multiplataforma.



5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Arquitectura



5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Mano virtual

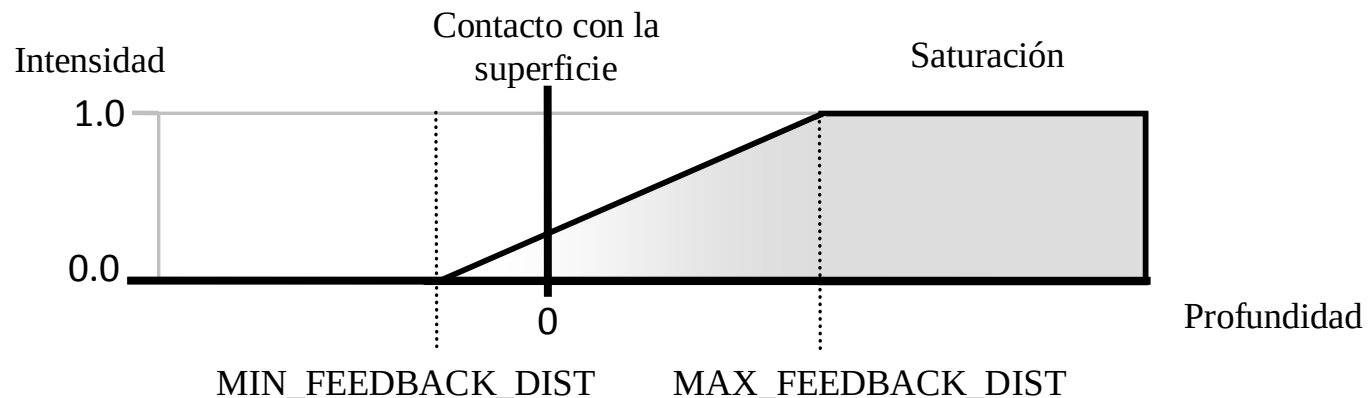
- Representa la posición y el estado de la mano del usuario.
- Calcula la posición de cada una de las yemas de los dedos en coordenadas absolutas de la escena.
- Soporta guantes de datos con sensores de flexión/abducción y también basados en gestos.



5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

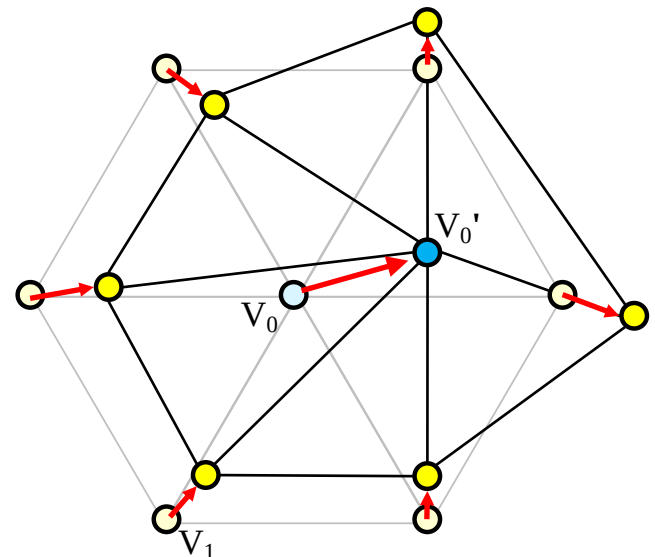
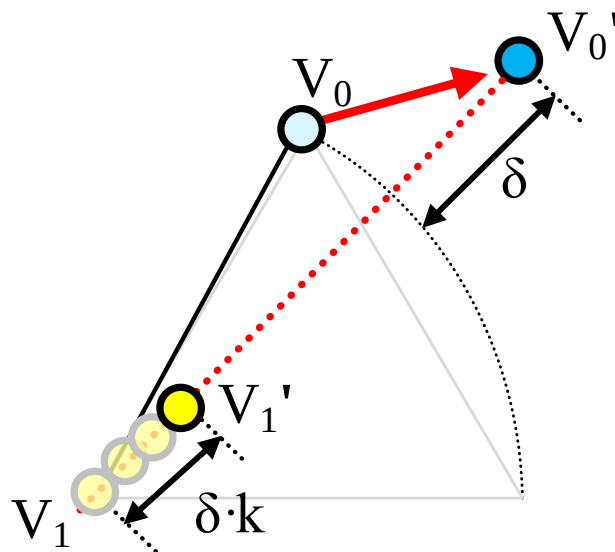
- Función de retorno de fuerzas
 - Calcula la intensidad que debe aplicarse a cada estimulador vibrotáctil.
 - Basado en la ley de elasticidad de Hooke y en la tercera ley de Newton, o principio de acción y reacción.

$$F = K \cdot x$$



5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

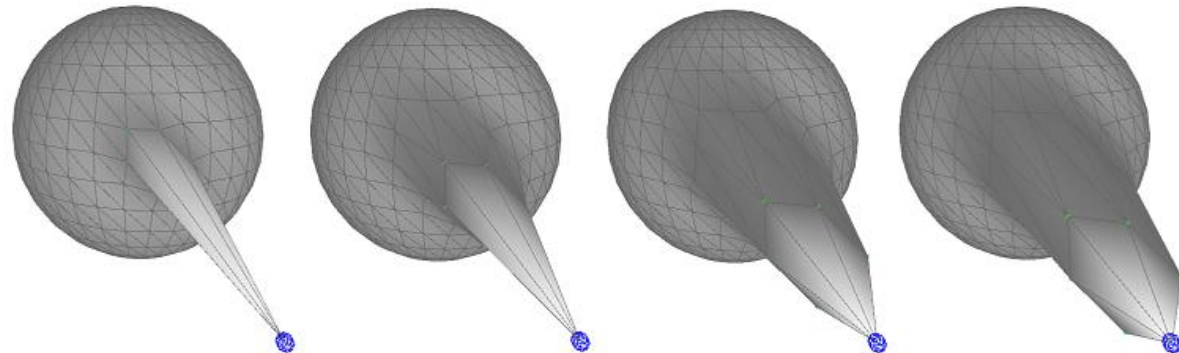
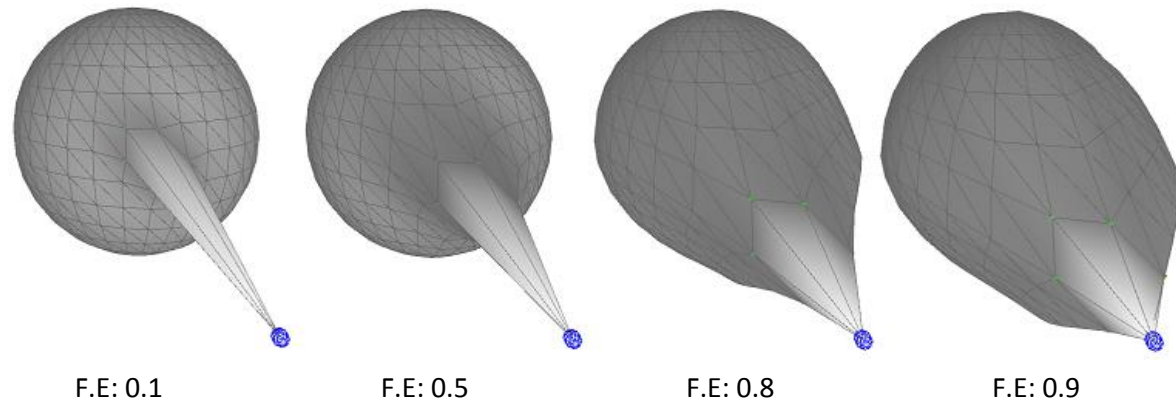
- Algoritmo de deformación de mallas
 - Considera la malla como una red de nodos con conexiones flexibles.
 - Los vértices vecinos se mueven dependiendo del factor de elasticidad, y de la distancia a la que se encuentren.



5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Algoritmo de deformación de mallas

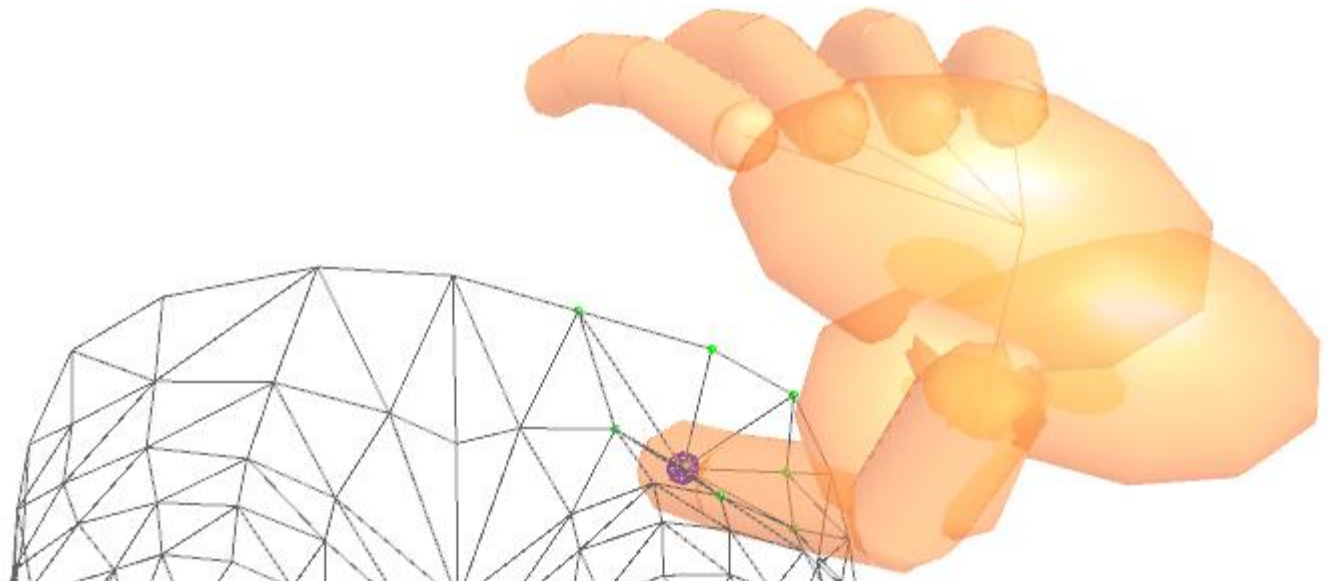
Factor de Elasticidad constante para los vértices vecinos



Factor de Elasticidad elevado al cuadrado para los vértices vecinos

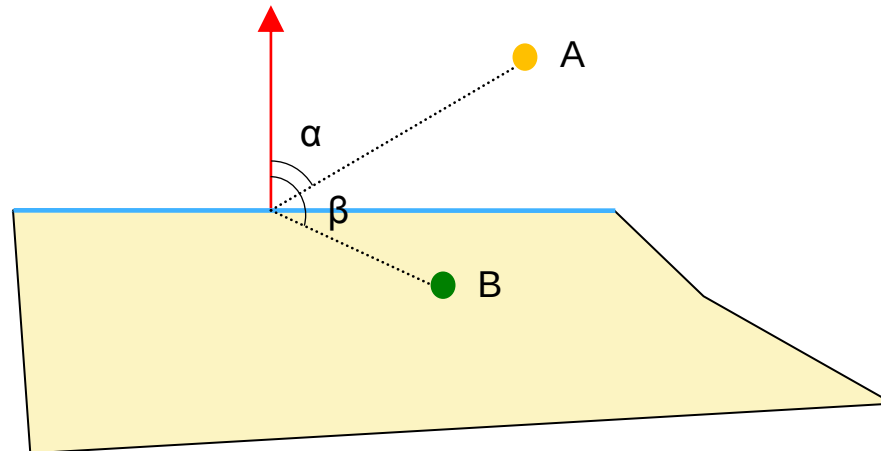
5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Detección de colisiones
 - Determina cuál es la cara o vértice más cercano a cada dedo, y la distancia a la que se encuentra.
 - Basado en una búsqueda lineal, en la distancia punto a punto, y en la distancia punto a una cara.
 - Usado para retorno háptico, sonoro y visual, y para la deformación del material con los dedos.



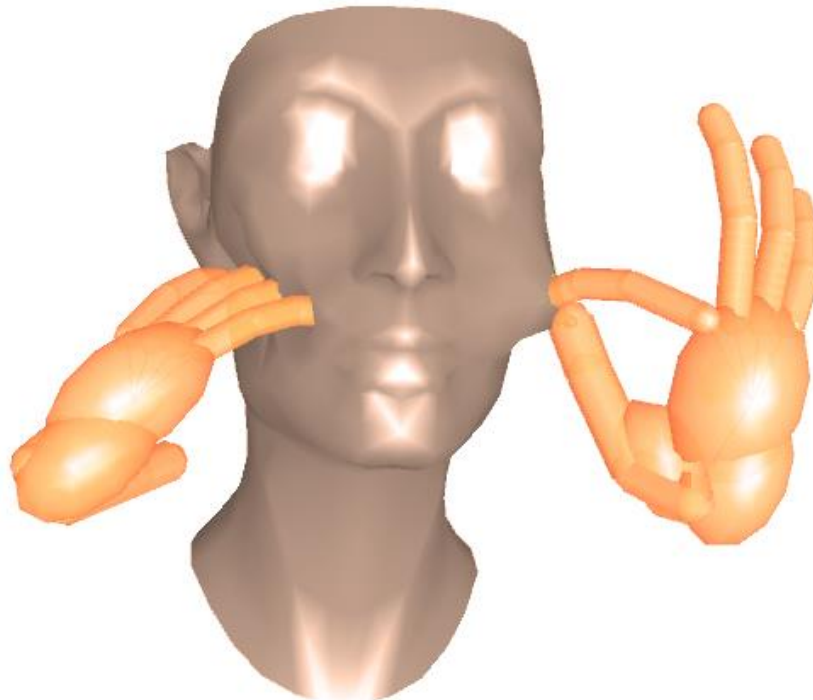
5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Cálculo de la región interior de un objeto
 - Comprueba si un punto del espacio está dentro o fuera del objeto virtual.
 - Se basa en el cálculo de la posición relativa del punto objetivo respecto al vector normal de la cara más próxima.
 - Si forma un ángulo menor a 180° , se considerará que es un punto externo al objeto, en caso contrario, interno.

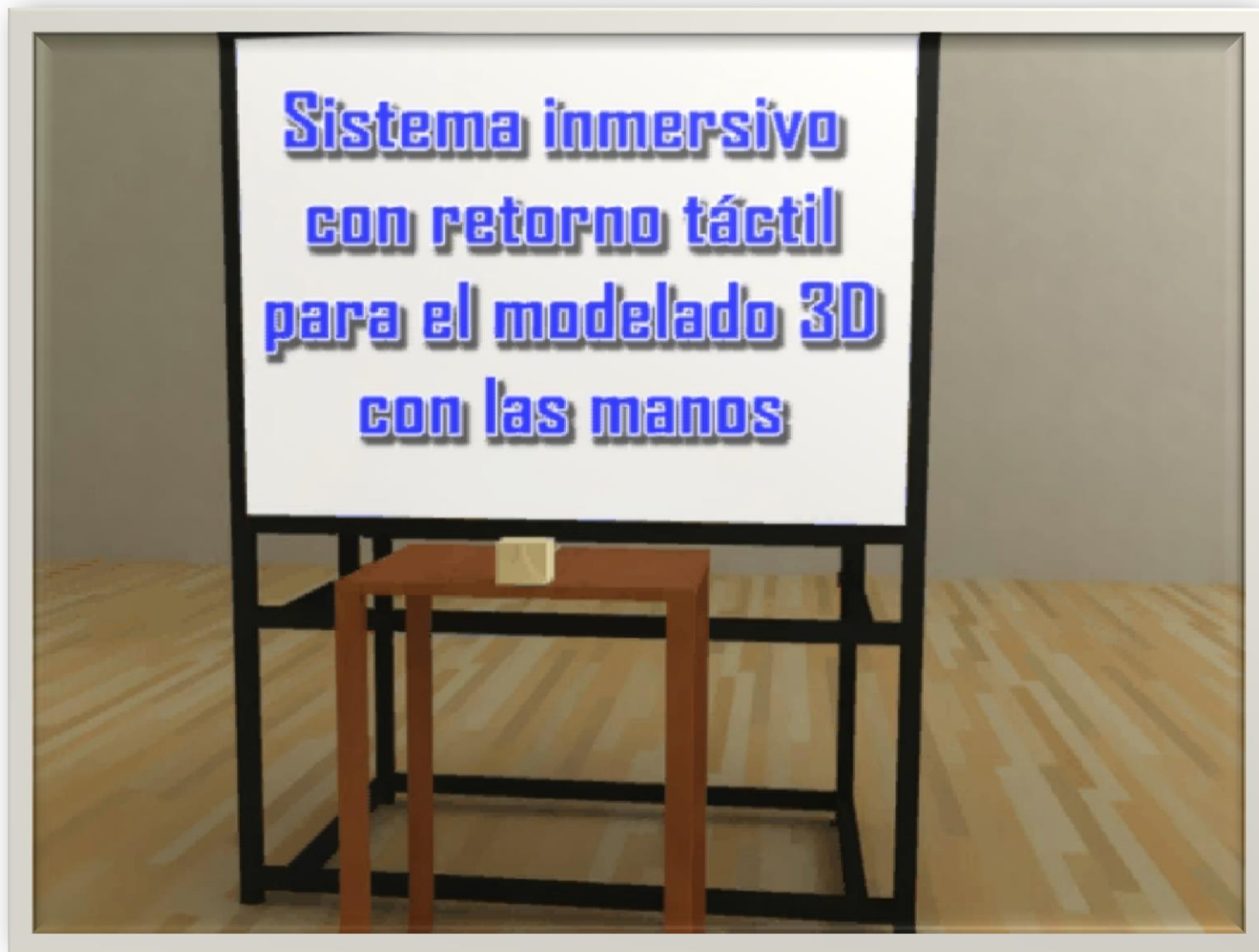


5. Diseño e implementación de la aplicación de modelado

- Modelado de los objetos
 - Selección y modificación de vértices o caras.
 - Uso de las yemas de los dedos para presionar sobre su superficie.



6. Funcionamiento del sistema inmersivo



7. Conclusiones

- El sistema desarrollado permite el modelado de objetos virtuales de forma intuitiva con la mano.
- Los usuarios han visto los objetos en 3D gracias a la estereoscopia, sentido su superficie a través del tacto y del oído, y manipulado como si se tratara de plastilina.
- La estimulación del tacto mediante vibración se ha mostrado como una forma perfectamente válida de retorno háptico.
- Entre los aspectos negativos, los usuarios destacan el inconveniente que supone el uso de dispositivos cableados, que limitan los movimientos y provocan cierto cansancio.
- Las características que más han gustado son la de sentir la superficie del objeto, y poder moldearlo con los dedos.

8. Trabajo futuro

- Acoplamiento de los accesorios de retorno háptico a un guante que permita medir la posición de los dedos.
- Estudiar la posibilidad de usar dispositivos inalámbricos, o de reducir el número de cables necesario.
- Uso de las dos manos para el modelado.
- Implementación de una interfaz de usuario integrada en el mundo virtual que pueda ser manejada con el guante de datos.
- Evaluación de la realimentación vibrotáctil frente a otros sistemas de realimentación háptica –como el retorno de fuerzas-, y también respecto a sistemas tradicionales como la realimentación visual y sonora.

Gracias por su atención

¿Preguntas?