

**Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de  
Ensenada, Baja California**



---

**Programa de Posgrado en Ciencias  
en Ciencias de la Computación**

---

**Control de computadora basado en gestos con las manos en  
circunstancias de baja iluminación**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias

Presenta:

**América Ivone Mendoza Morales**

Ensenada, Baja California, México

2015

Tesis defendida por

**América Ivone Mendoza Morales**

y aprobada por el Comité

---

Dr. Vitaly kober

*Director del Comité*

Dr. Hugo Hidalgo Silva

Dr. Josué Álvarez Borrego



---

Dra. Ana Isabel Martínez García

*Coordinador del Programa de Posgrado en Ciencias de la Computación*

---

Dr. Jesús Favela Vara

*Director de Estudios de Posgrado*

*América Ivone Mendoza Morales © 2015*

*Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el debido permiso del autor*

Resumen de la tesis que presenta América Ivone Mendoza Morales como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

## **Control de computadora basado en gestos con las manos en circunstancias de baja iluminación**

Resumen elaborado por:

---

América Ivone Mendoza Morales

El reconocimiento de gestos con las manos ha sido un tema relevante en distintas áreas de las ciencias de la computación, por ejemplo en HCI es importante pues ayuda a crear una interacción natural entre la computadora y el usuario, por lo que se han desarrollado diversos métodos para encontrar el modelo que funcione en tiempo real y en diversas circunstancias. De manera que se pretende crear un modelo que fusione la información proporcionada por el dispositivo Kinect y haga el reconocimiento de gestos estáticos y dinámicos en tiempo real en circunstancias de baja iluminación y cuando existe oclusión. Dicho modelo será aplicado para crear un sistema que sirva como control de una computadora, es decir que los gestos puedan ser utilizados como el cursor de esta.

Palabras Clave: **Gestos con las manos, kinect, baja iluminación, oclusión.**

Abstract of the thesis presented by América Ivone Mendoza Morales as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Master in Sciences in Computer Science.

### **Computer control based in hand gestures in circumstances of low illumination**

Abstract by:

---

América Ivone Mendoza Morales

The recognition of hand gestures has been prominent in different areas of computer science, eg. HCI is important because it helps create a natural interaction between the computer and the user, so have developed various methods to find the model that works in real time and in different circumstances. So it is to create a model that merges the information provided by the Kinect device, then the recognition of static and dynamic gestures in real time under conditions of low light and when there is occlusion. This model be applied to create a system that serves as a control computer, is that gestures can be used as the cursor.

Keywords: **Hand gestures, kinect, low illumination, occlusion.**

## Dedicatoria

***A ...***

## Agradecimientos

A ...

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

# Tabla de contenido

Página

<b>Resumen en español</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen en inglés</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de tablas</b>	<b>x</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Definición del problema . . . . .	1
1.2. Justificación . . . . .	2
1.3. Objetivo general . . . . .	2
1.4. Objetivos específicos . . . . .	2
1.5. Limitaciones y suposiciones . . . . .	3
1.6. Reconocimiento de gestos con la manos . . . . .	3
1.7. Estado del arte . . . . .	4
1.7.1. Modelos de contacto . . . . .	4
1.7.2. Modelos basados en la visión . . . . .	5
1.7.3. Sistemas comerciales . . . . .	6
1.8. Organización de la tesis . . . . .	7
<b>2. Marco teórico</b>	<b>8</b>
2.1. Gestos . . . . .	8
2.2. Reconocimiento de gestos con la manos . . . . .	8
2.2.1. Etapas del reconocimiento de gestos . . . . .	9
2.2.1.1. Detección . . . . .	9
2.2.1.2. Seguimiento . . . . .	10
2.2.1.3. Reconocimiento . . . . .	11
2.3. Imagen . . . . .	12
2.4. Kinect . . . . .	12
2.5. Detección rápida de objetos usando características simples utilizando el clasificador de cascada impulsada . . . . .	12
2.5.1. Características Haar . . . . .	12
2.5.2. Imagen integral . . . . .	13
2.5.3. Clasificador AdaBoost . . . . .	13
2.5.4. Clasificador AdaBoost en Cascada . . . . .	13
2.6. Máquinas de soporte vectorial . . . . .	13
<b>3. Sistema Propuesto</b>	<b>14</b>
3.1. Adquisición de los datos . . . . .	14
3.2. Detección . . . . .	14
3.3. Extracción de características . . . . .	15
3.4. Reconocimiento . . . . .	15

## Tabla de contenido (continuación)

3.4.1.	Cálculo de la demanda de oxígeno . . . . .	15
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>17</b>
5.1.	Trabajo futuro . . . . .	17
	<b>Lista de referencias</b>	<b>18</b>
<b>A.</b>	<b>Apéndice</b>	<b>20</b>



**Lista de figuras**

Figura		Página
1.	Ejemplo de características Haar . . . . .	13

## Lista de tablas

Tabla

Página

# Capítulo 1. Introducción

---

La interacción entre humanos se lleva a cabo gracias a la comunicación que existe entre ellos, esta puede ser oral o escrita, generalmente, por no decir siempre, viene acompañada de gestos realizados con la cara, manos, cuerpo. Estos gestos sirven como complemento de la comunicación ya ayudan a que nuestra idea se percibida de manera correcta.

El creciente desarrollo de la tecnología, a llevado a crear y estudiar distintas áreas de las ciencias computacionales, particularmente HCI (por sus siglas en inglés), la área encarga del estudio, diseño e interacción del humano con la computadora. Uno de los objetivos principales es que la interacción sea de manera natural. Por lo que no es extraño que los investigadores de HCI se hayan interesado en los gestos corporales, en especial los gestos realizados con las manos, para crear un ambiente natural entre el usuario y la computadora. Para obtener una interacción natural, entre estos dos actuadores, se necesita hacer el reconocimiento de los gestos, esto ha sido cada vez más sencillo gracias al avance de la tecnología, en especial en los dispositivos de visión como distintos tipos de cámaras, y al crecimiento en la capacidad de procesamiento de las computadoras. Aunque existen diversos métodos y sistemas para lograr el reconocimiento, no existe ninguno que nos pueda dar un reconocimiento totalmente preciso en todas las situaciones que se presentan en el mundo real.

Es por eso que se propone crear un sistema que haga el reconocimiento de gestos con las manos, en situaciones donde existe baja iluminación y cuando tenemos oclusión causada por los dedos. El sistema se enfoca principalmente en atacar los problemas de gestos con las manos que no tienen movimiento, y después se abordarán los gestos con las manos que involucran movimiento. El sistema aplicará los gestos como control de la computadora, esto con ayuda del dispositivo Kinect como herramienta para capturar la información de entrada.

## 1.1. Definición del problema

A finales de los años noventa se empezaron a desarrollar técnicas para reconocer gestos con las manos, las primeras fueron basadas en contacto y le siguieron las basadas

en la visión, estas fueron las más aceptadas debido a la facilidad de interacción entre el usuario, entre otras cosas, aunque estas tienen sus desventajas pues no es problema fácil de resolver debido a que existen distintas variables a considerar.

Aunque existen diversos métodos para el reconocimiento de gestos con las manos, con buena precisión, sigue siendo un problema abierto ya que no es fácil tener un sistema que se adecue a todo tipo de situaciones como: amigable con el usuario, invariante a la iluminación, rotación, al fondo, que funcione en tiempo real o cuando exista oclusión.

## **1.2. Justificación**

## **1.3. Objetivo general**

Desarrollar un sistema que permita controlar la computadora haciendo uso de gestos con las manos, estáticos y dinámicos. El sistema debe ser robusto, funcionar en circunstancias de baja iluminación, cuando exista oclusión en gestos dinámicos.

## **1.4. Objetivos específicos**

- Identificar los métodos actuales de reconocimiento de gestos, estáticos y dinámicos cuando existe baja iluminación y en el caso de los gestos dinámicos cuando existe oclusión.
- Obtener conocimiento acerca del funcionamiento de sistema Microsoft Kinect.
- Desarrollar un sistema de reconocimiento de gestos estáticos y dinámicos, fusionando la información de los sensores de profundidad de dos dispositivos Kinect. El sistema desarrollado deberá funcionar en circunstancias de baja iluminación y también cuando existe oclusión, causada por los dedos.
- Analizar el sistema diseñado, en cuanto a su eficiencia presentada en base al reconocimiento de los gestos y tiempo de respuesta, en circunstancias de baja iluminación y oclusión. En el análisis del sistema se usará información real.
- Comparar los modelos propuestos con los existentes, en base al tiempo de respuesta y la eficiencia en cuanto al reconocimiento del gesto.

### 1.5. Limitaciones y suposiciones

Gran porcentaje de los trabajos previos en el área de reconocimiento de gestos con las manos basados en el modelo de la visión utilizan cámaras digitales o cámaras web. Esta investigación utiliza el dispositivo Kinect, para obtener la información de entrada del sistema.

De manera que las limitaciones del sistema propuesto están dadas por las características dicho dispositivo, tales como la distancia a la que se encuentra el dispositivo con el usuario (poner la distancia), la resolución de las imágenes a color (poner resolución) y la resolución del sensor infrarrojo (poner resolución).

También el sistema depende de dos sensores Kinect, que se utilizarán en el caso que exista oclusión.

Otra limitante es el número de gestos que podrá reconocer el sistema.

Se supone el área de trabajo como un cuarto estándar con buena iluminación (enfocado a pruebas con la cámara color del sistema Kinect)

### 1.6. Reconocimiento de gestos con las manos

La definición de gestos (Mitra *et al.*, 2007) son movimientos del cuerpo expresivos y significativos que involucran a los dedos, manos, brazos, cabeza, cara o cuerpo con la intención de transmitir información relevante o de interactuar con el ambiente. De acuerdo con la literatura (Mitra *et al.*, 2007) los gestos con las manos se clasifican en estáticos y dinámicos, los primeros están definidos como la posición y orientación de la mano en el espacio manteniendo esta pose durante cierto tiempo, por ejemplo para hacer una señal de aventón, a diferencia de los gestos dinámicos donde hay movimiento de la pose, un ejemplo es cuando mueves la mano en señal de adiós. De aquí en adelante entiéndase el término gestos con las manos, como gestos.

El reconocimiento de gestos se divide en tres fases Rautaray y Agrawal (2012), detección o segmentación; extracción de características seguimiento; dependiendo si los gestos son dinámicos, por último la etapa final el reconocimiento del gesto. Este se clasifican en dos modelos, basados en la visión y en contacto, esta clasificación depende de

la manera en que son capturados los datos, es decir la forma en que se obtiene el gesto, para posteriormente poderlo reconocer.

Los primeros acercamientos para llevar acabo el reconocimiento de gestos fue usando modelos de contacto Rautaray y Agrawal (2012) y Nayakwadi (2014), como su nombre lo dice utilizan dispositivos que están en contacto físico con la mano del usuario, esto para capturar el gesto a reconocer, por ejemplo existen guantes de datos, marcadores de colores, acelerómetros y pantallas multi-touch, aunque estos no son tan aceptados pues entorpecen la naturalidad entre la interacción del humano y la computadora. Los modelos basados en la visión surgieron como respuesta a esta desventaja, estos utilizan cámaras para extraer la información necesaria para realizar el reconocimiento, los dispositivos van desde cámaras web hasta algunas más sofisticadas por ejemplo cámaras de profundidad.

En este trabajo, se toma el enfoque basado en la visión ya que se quiere obtener un sistema que para el usuario sea facil de interactuar, y esta interacción sea natural y una manera de lograr esto es tomando este enfoque. estos tienen mayor complejidad (acomodra este parrafo :P)

Los métodos basados en la visión se pueden representar por dos modelos (Rautaray y Agrawal, 2012), los basados en 3D, da una descripción espacial en 3D de la mano, y los basados en apariencia, como su nombre lo dice se basan en la apariencia de la mano. Los modelos basados en apariencia se dividen en dos categorías, los estáticos (modelo de silueta, de contorno deformables) y de movimiento (de color y movimiento).

## **1.7. Estado del arte**

La sección anterior explica los distintos enfoques para llevar acabo el reconocimiento de gestos, a continuación se encuentran los trabajos relevantes de cada uno de estos enfoques.

### **1.7.1. Modelos de contacto**

(Yoon *et al.*, 2012) propone un modelo de mezclas adaptativo, usando un guante de datos, la principal limitante para este sistema es que solo reconoce gestos estáticos.

Aunque estos sistemas nos evitan algunos problemas que son consecuencia de los modelos basados en la visión, nos son perfectos, lo cual veremos enseguida.

Uno de los dispositivos recientes es MYO <sup>1</sup>, aunque de este se hablará en la última parte de esta sección.

Como se describió en la sección anterior en los modelos de contacto la principal limitante es el uso de dispositivos en el cuerpo para el reconocimiento de los gestos, por esta razón la mayoría de los sistemas para el reconocimiento están enfocados en modelos basados en visión. Por lo que resulta natural que la investigación propuesta tome un enfoque basado en la visión.

### **1.7.2. Modelos basados en la visión**

Premaratne *et al.* (2013) realizan un modelo de reconocimiento de gestos estático y dinámico basados en el algoritmo de Lucas-Kanade. Las principales ventajas de este método son que es invariante a rotación, escala y al fondo. Aunque el modelo es afectado por los cambios en la iluminación.

(Huang *et al.*, 2011), propone un método para calcular gestos estáticos y dinámicos usando los filtros Gabor y haciendo una estimación del ángulo en el que se encuentra la mano. Las principales ventajas son que el sistema funciona con cambios en la iluminación y es robusto a la rotación y escala. La desventaja es que el problema de oclusión no es tratado.

(Mohd Asaari *et al.*, 2014) hacen el seguimiento de la mano para identificar los gestos dinámicos usando los filtros adaptativos Kalman y el método Eigenhand. Con esta combinación obtienen un excelente resultado pues el sistema es robusto a la iluminación, cambio de pose, y a la oclusión causada la mano oculta por algún objeto en movimiento.

A pesar que la mayoría de los modelos vistos en la parte de arriba solucionan muchos de los problemas de los modelos basados en la visión. Ninguno de ellos puede resolver el problema de iluminación y oclusión, formada por los dedos. Allí la importancia de la investigación propuesta, pues dará solución a estos inconvenientes al momento de reconocer

---

<sup>1</sup><https://www.thalmic.com/en/myo/>

los gestos.

### 1.7.3. Sistemas comerciales

Existen dispositivos como: Leap Motion <sup>2</sup>, MYO, y software, como Flutter <sup>3</sup>, que realizan el reconocimiento de gestos, y estos los utilizan como reemplazo del ratón de la computadora.

Leap Motion es un dispositivo que detecta los movimientos de manos y dedos por medio de sensores infrarrojos. Leap Motion es robusto con el fondo, escala y rotación, pero no cuando existe oclusión pues cuando se realiza un zoom, como el que se hace en cualquier dispositivo touch, produce un error, y se presenta cuando un dedo es cubierto por otro, un problema grave es que tiene problemas de reconocimiento en circunstancias normales de luz.

MYO este dispositivo, solo se encuentra en pre-ordenamiento, detecta los impulsos eléctricos de tus músculos mediante tres sensores, giroscopio, acelerómetro y magnetómetros. MYO es un brazalete que promete controlar la computadora y dispositivos tales como el celular o la tableta. La principal desventaja del sensor es que gestos involuntarios pueden producir acciones no deseadas.

Flutter es un software que reconoce cuatro gestos estáticos detectando la palma de la mano, usando la cámara web como dispositivo de entrada. Flutter permite controlar aplicaciones multimedia de la computadora. Las limitaciones del software son que solo reconoce gestos estáticos, realiza acciones no deseadas al hacer gestos involuntarios y no siempre reconoce los gestos.

Aunque estos dispositivos y software para reconocer gestos solucionan algunos problemas importantes en el área, sigue existiendo el problema de oclusión e iluminación. De allí la importancia que existan modelos que puedan resolver estos problemas se presentan frecuentemente en el reconocimiento.

---

<sup>2</sup><https://www.leapmotion.com/>

<sup>3</sup><https://flutterapp.com/>



## **1.8. Organización de la tesis**

La tesis se encuentra distribuida de la siguiente manera: la segunda sección presenta los fundamentos teóricos como base para la comprensión del tema. La tercera sección presenta el sistema propuesto. En la cuarta sección se encuentran las pruebas realizadas al sistema junto con los resultados y la discusiones de estos. Finalmente la quinta sección presenta las conclusiones generales del sistema y el trabajo futuro.

## Capítulo 2. Marco teórico

---

### 2.1. Gestos

La definición de gestos (Mitra *et al.*, 2007) son movimientos del cuerpo expresivos y significativos que involucran a los dedos, manos, brazos, cabeza, cara o cuerpo con la intención de transmitir información relevante o de interactuar con el ambiente. De acuerdo con la literatura (Mitra *et al.*, 2007) los gestos con las manos se clasifican en estáticos y dinámicos, los primeros están definidos como la posición y orientación de la mano en el espacio manteniendo esta pose durante cierto tiempo, por ejemplo para hacer una señal de aventón, a diferencia de los gestos dinámicos donde hay movimiento de la pose, un ejemplo es cuando mueves la mano en señal de adiós. De aquí en adelante entiéndase el término gestos con las manos, como gestos.

### 2.2. Reconocimiento de gestos con la manos

El reconocimiento de gestos se divide en tres fases (Rautaray y Agrawal, 2012), detección o segmentación; extracción de características seguimiento; dependiendo si los gestos son dinámicos, por último la etapa final el reconocimiento del gesto. Este se clasifican en dos modelos, basados en la visión y en contacto, esta clasificación depende de la manera en que son capturados los datos, es decir la forma en que se obtiene el gesto, para posteriormente poderlo reconocer.

Los primeros acercamientos para llevar acabo el reconocimiento de gestos fue usando modelos de contacto (Rautaray y Agrawal, 2012) y (Nayakwadi, 2014), como su nombre lo dice utilizan dispositivos que están en contacto físico con la mano del usuario, esto para capturar el gesto a reconocer, por ejemplo existen guantes de datos, marcadores de colores, acelerómetros y pantallas multi-touch, aunque estos no son tan aceptados pues entorpecen la naturalidad entre la interacción del humano y la computadora. Los modelos basados en la visión surgieron como respuesta a esta desventaja, estos utilizan cámaras para extraer la información necesaria para realizar el reconocimiento, los dispositivos van desde cámaras web hasta algunas más sofisticadas por ejemplo cámaras de profundidad.

En este trabajo, se toma el enfoque basado en la visión ya que se quiere obtener

un sistema que para el usuario sea facil de interactuar, y esta interacción sea natural y una manera de lograr esto es tomando este enfoque. estos tienen mayor complejidad (acomoda este parrafo :P)

Los métodos basados en la visión se pueden representar por dos modelos (Rautaray y Agrawal, 2012), los basados en 3D, da una descripción espacial en 3D de la mano, y los basados en apariencia, como su nombre lo dice se basan en la apariencia de la mano. Los modelos basados en apariencia se dividen en dos categorías, los estáticos (modelo de silueta, de contorno deformables) y de movimiento (de color y movimiento).

### **2.2.1. Etapas del reconocimiento de gestos**

Enseguida se describen las etapas del reconocimiento de gestos (detección, seguimiento y reconocimiento), con los métodos para llevar cada una de estas.

#### **2.2.1.1. Detección**

En esta etapa se detecta y segmenta la información relevante de la imagen (la mano), con la del fondo, existen distintos métodos para obtener dichas características como la de color de la piel, forma, movimiento, entre otras que generalmente son combinaciones de alguna de estas, para obtener un mejor resultado. Enseguida se describe brevemente cada una de estas.

- **Color de la piel:** Se basa principalmente en escoger un espacio del color, es una organización de colores específica; como; RGB (rojo, verde, azul), RG (rojo, green), YCrCb (brillo, la diferencia entre el brillo y el rojo, la diferencia entre el brillo y el azul), etc. La desventaja es que si el color de la piel es similar al fondo, la segmentación no es buena, la forma de corregir esta segmentación es suponiendo que el fondo no se mueve con respecto a la cámara.
- **Forma:** Extrae el contorno de las imágenes, si se realiza correctamente se obtiene el contorno de la mano. Aunque si se toman las yemas de los dedos como características, estas pueden ser ocluidas por el resto de la mano, una posible solución es usar más de una cámara.

- Valor de píxeles: Usar imágenes en tonos de gris para detectar la mano en base a la apariencia y textura, esto se logra entrenando un clasificador con un conjunto de imágenes.
- Modelo 3D: Depende de cual modelo se utilice, son las características de la mano requeridas.
- Movimiento: Generalmente esta se usa con otras formas de detección ya que para utilizarse por sí sola hay que asumir que el único objeto con movimiento es la mano.

#### **2.2.1.2. Seguimiento**

Consiste en localizar la mano en cada cuadro (imagen). Se lleva acabo usando los métodos de detección si estos son lo suficientemente rápidos para detectar la mano cuadro por cuadro. Se explica brevemente los métodos para llevar a cabo el seguimiento.

- Basado en plantillas: Este se divide en dos categorías (Características basadas en su correlación y basadas en contorno), que son similares a los métodos de detección, aunque supone que las imágenes son adquiridas con la frecuencia suficiente para llevar acabo el seguimiento. Características basadas en su correlación, sigue las características a través de cada cuadro, se asume que las características aparecen en mismo vecindario. Basadas en contorno, se basa en contornos deformables, consiste en colocar el contorno cerca de la región de interés e ir deformando este hasta encontrar la mano.
- Estimación óptima: Consiste en usar filtros Kalman, un conjunto de ecuaciones matemáticas que proporciona una forma computacionalmente eficiente y recursiva de estimar el estado de un proceso, de una manera que minimiza la media de un error cuadrático, el filtro soporta estimaciones del pasado, presente y futuros estados, y puede hacerlo incluso cuando la naturaleza precisa del modelo del sistema es desconocida; para hacer la detección de características en la trayectoria.
- Filtrado de partículas: Un método de estimación del estado de un sistema que cambia a lo largo del tiempo, este se compone de un conjunto de partículas (muestras)

con pesos asignados, las partículas son estados posibles del proceso. Es utilizado cuando no se distingue bien la mano en la imagen. Por medio de partículas localiza la mano la desventaja es que se requieren demasiadas partículas, y el seguimiento se vuelve imposible.

- Camshift: Busca el objetivo, en este caso la mano, encuentra el patrón de distribución mas similar en una secuencia de imágenes, la distribución puede basada en el color.

### 2.2.1.3. Reconocimiento

Es la clasificación del gesto, la etapa final del reconocimiento, la clasificación se puede hacer dependiendo del gesto. Para gestos estáticos basta con usar algún clasificador o empatar el gesto con una plantilla. En los dinámicos se requiere otro tipo de algoritmos de aprendizaje de máquina. A continuación se encuentran los principales métodos para llevar acabo el reconocimiento del gestos.

- K-medias: Consiste en determinar los  $k$  puntos llamados centros para minimizar el error de agrupamiento, que es la suma de las distancias de todo los puntos al centro de cada grupo. El algoritmo empieza localizando aleatoriamente  $k$  grupos en el espacio espectral. Cada píxel en la imagen de entrada es entonces asignadas al centro del grupo mas cercano
- K-vecinos cercanos (KNN, por sus siglas en inglés): Este es un método para clasificar objetos basado en las muestras de entrenamiento en el espacio de características.
- Desplazamiento de medias: Es un método iterativo que encuentra el máximo en una función de densidad dada una muestra estadística de los datos.
- Máquinas de soporte vectorial (SVM, por sus siglas en inglés). Consiste en un mapeo no lineal de los datos de entrada a un espacio de dimensión más grande, donde los datos pueden ser separados de forma lineal.

- Modelo oculto de Markov (HMM, por sus siglas en inglés) es definido como un conjunto de estados donde un estado es el estado inicial, un conjunto de símbolos de salida y un conjunto de estados de transición. En el reconocimiento de gestos se puede caracterizar a los estados como un conjunto de las posiciones de la mano; las transiciones de los estados como la probabilidad de transición de cierta posición de la mano a otra; el símbolo de salida como una postura específica y la secuencia de los símbolos de salida como el gesto de la mano.
- Redes neuronales con retraso: Son una clase de redes neuronales artificiales que se enfocan en datos continuos, haciendo que el sistema sea adaptable para redes en línea y les da ventajas sobre aplicaciones en tiempo real.

### **2.3. Imagen**

### **2.4. Kinect**

### **2.5. Detección rápida de objetos usando características simples utilizando el clasificador de cascada impulsada**

El método desarrollado por (ref Viola Jones) fue creado originalmente para atacar el problema de detección de rostros, pero este puede ser usando para detectar cualquier objeto, debido a la forma en que este fue creado, pues detecta un objeto clasificando imágenes basándose en el valor de características simples.

La técnica clasifica si el objeto se encuentra en la escena, usando AdaBoost en forma de cascada, y discrimina el objeto tomando en cuenta el valor de las características, se usan las características Haar, el valor de estas es calculado mediante una imagen integral.

En seguida se explica a detalle cada etapa del método.

#### **2.5.1. Características Haar**

Las características Haar son operadores rectangulares. Existen distintos tipos ?? , en seguida explicare tres tipos de estos:

Las características con dos rectángulos, contienen dos regiones rectangulares adyacentes, y el valor de la característica se calcula tomando la diferencia de la suma de ambas regiones.

Las características con tres rectángulos, contienen tres regiones rectangulares adyacentes, y el valor de la característica se calcula la suma de las regiones exteriores y se resta la suma de la región interior.

Las características con cuatro rectángulos, contienen cuatro regiones rectangulares adyacentes, y el valor de la característica se obtiene con la diferencia entre las regiones pares diagonales.

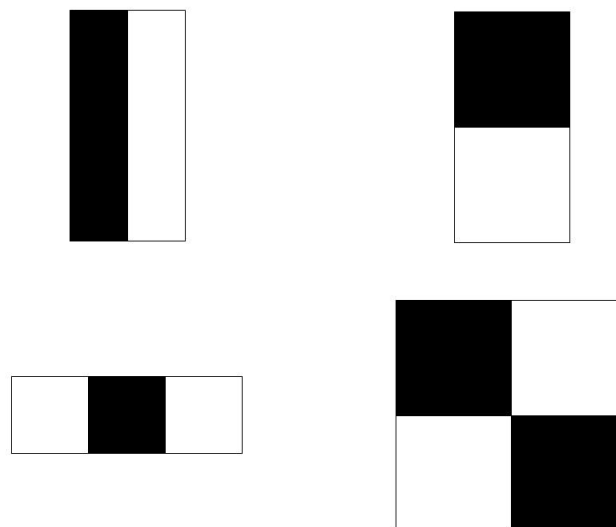


Figura 1: Ejemplo de características Haar

### 2.5.2. Imagen integral

### 2.5.3. Clasificador AdaBoost

### 2.5.4. Clasificador AdaBoost en Cascada

## 2.6. Máquinas de soporte vectorial

## Capítulo 3. Sistema Propuesto

---

El sistema de reconocimiento de gestos que se propone consta de cuatro etapas: la adquisición de los datos, la detección, extracción de características y el reconocimiento.

Enseguida se describirán cada una de las etapas.

### 3.1. Adquisición de los datos

La captura de los datos se realiza utilizando dos dispositivos Kinect, se toman los datos del sensor de profundidad, estos son representados como una imagen en escala de grises de 8 bits.

Cada cuadro capturado por el dispositivo es representado de la manera anterior, en las imágenes se puede apreciar pequeños cambios detectados al sensor gracias a la forma en que la imagen es representada. Para lograr esta representación el rango de escala de grises inicia cada 26 cm. es por eso que se pueden apreciar cambios pequeños en las distancias entre los objetos.

### 3.2. Detección

La etapa de detección utiliza el algoritmo para detectar objetos de manera rápida desarrollado por (citar viola jones), como se vio en el capítulo dos sección chalalala, este algoritmo clasifica las imágenes basándose en el valor de características, las características usadas son como las que se muestran en la siguiente figura.

La selección de las características se lleva acabo por medio del algoritmo AdaBoost; la implementación se lleva acabo por medio del software OpenCV Haar training classifier<sup>1</sup>. Se entrenó con 1000 imágenes positivas (imágenes de profundidad de la mano), y 2000 negativas, (imágenes de profundidad de distintos fondos). Las imágenes positivas fueron generadas de 100 imágenes de la mano usando el software Create Sample<sup>2</sup>. Todas las imágenes usadas fueron tomadas de nuestra base de datos<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup><https://github.com/mrnugget/opencv-haar-classifier-training>

<sup>2</sup><http://note.sonouse.com/SciSoftware/haartraining.html>

<sup>3</sup><https://github.com/americanm>



Nuestra base de datos contiene gran cantidad de imágenes de profundidad. Imágenes de fondo y de la mano, estas fueron tomadas a una distancia de entre *60cm* y *200cm*. Las imágenes de profundidad de la mano fueron tomadas de 6 personas distintas con tres distintas poses: palma abierta con dedos abiertos, palma abierta con dedos cerrados y finalmente el puño, como se muestra en la figura (tal). Las imágenes de fondo fueron tomadas de distintos escenarios como se muestra en la figura (tal). El programa para la captura de las imágenes puede ser encontrado en github <sup>4</sup>.

### **3.3. Extracción de características**

### **3.4. Reconocimiento**

#### **3.4.1. Cálculo de la demanda de oxígeno**

---

<sup>4</sup><https://github.com/americanm>

## Capítulo 4. Resultados

---

Sobre referencias. CICESE pide este formato (?)

## Capítulo 5. Conclusiones

---

### 5.1. Trabajo futuro

## Lista de referencias

- (????). An Introduction to the Kalman Filter.
- Arulampalam, M. S., Maskell, S., Gordon, N., y Clapp, T. (2002). A Tutorial on Particle Filters for Online Nonlinear / Non-Gaussian Bayesian Tracking. *50*(2): 174–188.
- Bao, J., Song, A., Guo, Y., y Tang, H. (2011). Dynamic Hand Gesture Recognition Based on SURF Tracking. *Robot*, **33**(4): 482–489.
- Bergh, M. V. D. (2010). Combining RGB and ToF Cameras for Real-time 3D Hand Gesture Interaction. pp. 66–72.
- Chen, Q., Georganas, N. D., Petriu, E. M., Edward, K., Ottawa, A., y Kin, C. (2007). Real-time Vision-based Hand Gesture Recognition Using Haar-like Features.
- Cheng, J., Xie, C., Bian, W., y Tao, D. (2012). Feature fusion for 3D hand gesture recognition by learning a shared hidden space. *Pattern Recognition Letters*, **33**(4): 476–484.
- Chuang, Y., Chen, L., y Chen, G. (2014). Saliency-guided improvement for hand posture detection and recognition. *Neurocomputing*, **133**: 404–415.
- Dominio, F., Donadeo, M., y Zanuttigh, P. (2013). Combining multiple depth-based descriptors for hand gesture recognition. *Pattern Recognition Letters*.
- Duda, R. O., Hart, P. E., y Stork, D. G. (????). *Pattern Classification*. Segunda edición. p. 654.
- Freeman, W. T. y Roth, M. (1994). Orientation Histograms for Hand Gesture Recognition.
- Huang, D.-Y., Hu, W.-C., y Chang, S.-H. (2011). Gabor filter-based hand-pose angle estimation for hand gesture recognition under varying illumination. *Expert Systems with Applications*, **38**(5): 6031–6042.
- Just, A. y Marcel, S. (2009). A comparative study of two state-of-the-art sequence processing techniques for hand gesture recognition. *Computer Vision and Image Understanding*, **113**(4): 532–543.
- Kang, J., Zhong, K., Qin, S., Wang, H., y Wright, D. (2013). Instant 3D design concept generation and visualization by real-time hand gesture recognition. *Computers in Industry*, **64**(7): 785–797.
- Mitchell, H. (2012). *Data Fusion: Concepts and Ideas*. Springer, segunda edición.
- Mitra, S., Member, S., y Acharya, T. (2007). Gesture Recognition : A Survey. **37**(3): 311–324.
- Mohd Asaari, M. S., Rosdi, B. A., y Suandi, S. A. (2014). Adaptive Kalman Filter Incorporated Eigenhand (AKFIE) for real-time hand tracking system. *Multimedia Tools and Applications*.
- Murthy, G. R. S. y Jadon, R. S. (2009). A REVIEW OF VISION BASED HAND GESTURES RECOGNITION. **2**(2): 405–410.

- Nayakwadi, V. (2014). Natural Hand Gestures Recognition System for Intelligent HCI : A Survey. **3**(1): 10–19.
- Patwardhan, K. S. y Roy, S. D. (????). Dynamic Hand Gesture Recognition using Predictive EigenTracker.
- Premaratne, P., Ajaz, S., y Premaratne, M. (2013). Hand gesture tracking and recognition system using Lucas[<sup>U+0096</sup>]Kanade algorithms for control of consumer electronics. *Neurocomputing*, **116**: 242–249.
- Rautaray, S. S. y Agrawal, A. (2012). Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey. *Artificial Intelligence Review*.
- Reifinger, S., Wallhoff, F., Alassmeier, M., Poitschke, T., y Rigoll, G. (2007). Static and Dynamic Hand-Gesture Recognition for Augmented Reality Applications. pp. 728–737.
- Ren, Z., Yuan, J., y Zhang, Z. (2011). Robust hand gesture recognition based on finger-earth mover's distance with a commodity depth camera. *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia - MM '11*, p. 1093.
- Sanginetto, E. y Cupelli, M. (2012). Real-time viewpoint-invariant hand localization with cluttered backgrounds. *Image and Vision Computing*, **30**(1): 26–37.
- Sgouropoulos, K., Stergiopoulou, E., y Papamarkos, N. (2013). A Dynamic Gesture and Posture Recognition System. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*.
- Shan, C., Tan, T., y Wei, Y. (2007). Real-time hand tracking using a mean shift embedded particle filter. *Pattern Recognition*, **40**(7): 1958–1970.
- Shen, X., Hua, G., Williams, L., y Wu, Y. (2012). Dynamic hand gesture recognition: An exemplar-based approach from motion divergence fields. *Image and Vision Computing*, **30**(3): 227–235.
- Tang, M. (????). Recognizing Hand Gestures with Microsoft [<sup>U+0092</sup>] s Kinect.
- Wachs, J. P., Kölsch, M., Stern, H., y Edan, Y. (2011). Vision-based hand-gesture applications. *Communications of the ACM*, **54**(2): 60.
- Yao, Y., Fu, Y., y Member, S. (2014). Contour Model based Hand-Gesture Recognition Using Kinect Sensor. **8215**(c): 1–10.
- Yoon, J. W., Yang, S. I., y Cho, S. B. (2012). Adaptive mixture-of-experts models for data glove interface with multiple users. *Expert Systems with Applications*, **39**(5): 4898–4907.

## **Apéndice A. Apéndice**

El apéndice...