

**MEDICION DEL ANGULO DEL PACIENTE DE UNIDAD DE
CUDIADOS INTENSIVOS RESPECTO A LA HORIZONTAL
PARA LA PREVENCIÓN DE LA NEUMONÍA ASOCIADA A
VENTILADOR**

AUTOR:

Juan Manuel Gómez González

MEDELLIN

ABRIL/2014

TABLA DE CONTENIDO

1	PROBLEMA	3
1.1	Contexto y caracterización del problema	3
1.2	Formulación del problema	4
2	ANTECEDENTES	4
3	JUSTIFICACIÓN	5
4	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
4.1	Objetivo General:.....	5
4.2	Objetivos Específicos:	5
5	RESULTADOS Y PRODUCTOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....	5
6	MARCO DE REFERENCIA	5
6.1	Causas	5
6.2	Efectos	6
6.3	Diagnostico.....	7
6.4	Tratamiento	7
6.5	Medidas de Prevención (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005).....	8
7	PROCEDIMIENTO O DISEÑO METODOLÓGICO.....	9
8	PLAN OPERATIVO	10
8.1	Cronograma (anexo)	10
8.2	Responsables y responsabilidades	10
8.3	Presupuesto (anexo)	10
9	CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	10
10	DISEÑO PRELIMINAR	10
10.1	Electrónica.....	10
10.2	Programación	11
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1 Problema

1.1 Contexto y caracterización del problema

La neumonía asociada a ventilador (NAV) es un tipo de neumonía asociado, como su nombre lo indica, al uso de un ventilador mecánico para ayudar al paciente en la respiración en la unidad de cuidados intensivos (UCI).

La causa exacta de esta enfermedad no ha podido ser determinada, sin embargo se cree que es debida a la migración bacterial desde el tracto gastrointestinal hacia el tracto respiratorio (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003). Los patógenos que causan esta patología varían dependiendo de la institución hospitalaria, la población y el tiempo transcurrido entre la intubación y el desarrollo de la enfermedad (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005). Los pacientes intubados tienen un mayor riesgo de padecer esta enfermedad debido a que el tubo endotraqueal puede transportar los microorganismos orofaríngeos a la tráquea durante la intubación.

Se ha encontrado que la neumonía representa hasta un 15% de todas las infecciones adquiridas en los hospitales y hasta un 27% de las infecciones adquiridas en las UCI. Además, se ha encontrado que los pacientes que reciben ventilación mecánica tienen entre 6 y 21 veces mayor posibilidad de desarrollar una neumonía comparado con los pacientes que no recibían este tratamiento (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003).

Para la prevención de este tipo de neumonía se recomiendan diversas medidas entre las cuales se encuentra mantener a los pacientes en una posición semirecumbente, es decir, con un ángulo de entre 30° y 45°, con el fin de prevenir la aspiración y contaminación de las vías respiratorias (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005).

Actualmente existen camas eléctricas que permiten medir el ángulo de inclinación del espaldar respecto a la horizontal. Sin embargo, este dispositivo presenta diversos problemas:

- Es una tecnología nueva que no está presente en todas las camas y que conllevaría a que los hospitales incurran en una gran inversión monetaria para cambiar sus camas actuales si desean esta tecnología.
- Las camas eléctricas que permiten medir el ángulo tienen un precio significativamente superior a sus contrapartes sin esta medición
- Existe la posibilidad de que el paciente se deslice en la cama por lo que el ángulo medido por la cama no corresponde con el del paciente
- El sensor que mide el ángulo está integrado a la cama, por lo que el paciente no puede ser movido a una cama diferente que no cuente con este sistema.

1.2 Formulación del problema

Se requiere de un dispositivo independiente a la cama que permita determinar el grado de inclinación que presentan los pacientes de la unidad de cuidados intensivos de la Clínica León XIII con el fin de reducir los casos de neumonía asociada a ventilador.

2 Antecedentes

Kollef (1993) encontró que mantener al paciente en posición supina durante las primeras 24 horas del inicio de la ventilación mecánica era uno de los factores de riesgo de la NAV, teniendo una mortalidad mayor en pacientes de la UCI (30.2% comparado con 8.9% para los pacientes en posición semirecumbente). Sin embargo, se ha encontrado que los pacientes que deben permanecer acostados y presentan un ángulo de inclinación mayor a 30° pueden desarrollar úlceras en las nalgas y la sección sacra, y mientras más alto el ángulo de inclinación más probabilidades hay de que aparezcan estas ulceraciones. Lo anterior parece que viene relacionado al hecho de que se presentan fuerzas de fricción y cizalla debido a que el paciente tiende a deslizarse en la cama y lo vuelven a mover a su posición inicial, volviendo a desencadenar el proceso hasta que la capa cornea se daña y aparecen las úlceras (Burk & Grap, 2012).

Drakulovic y otros en 1999 realizaron un estudio clínico en donde asignaron a 88 pacientes de manera aleatoria a dos grupos: un grupo en el cual se inclinó la cama a 45° y otro en el cual no se inclinó la cama (0°). Hubo una mayor incidencia de neumonía asociada a ventilador en el grupo de 0° (11 casos) que en el de 45° (2 casos), por lo que concluyeron que ubicar a los pacientes en una posición semi-recumbente es útil para reducir la incidencia de casos de NAV (Drakulovic, y otros, 1999).

Grap y otros en el 2003 tomaron varios datos como el ángulo de la cama, posición del paciente, configuración del ventilador, estado hemodinámico y método de nutrición a 169 pacientes de diferentes UCI de Estados Unidos, y obtuvieron que el 71% de estos pacientes se encontraban en posición prona, con una elevación media de 19.2°. Además, encontraron que los pacientes ventilados presentaban una menor inclinación que los pacientes que no requerían ventilación, facilitando el desarrollo de NAV (Grap, Munro, Bryant, & Ashtiani, 2003).

Thomas y otros en el 2006 realizaron una encuesta a varias UCI de diferentes hospitales de Australia con el fin de analizar cuáles eran las frecuencias, duración y tipo de posiciones implementadas en esos lugares, obteniendo que en un 90% de los lugares entrevistados había un protocolo establecido para mejorar el tiempo de recuperación del paciente y evitar posibles complicaciones. Sin embargo, ninguno de los lugares reportó un dispositivo especializado en medir y visualizar la inclinación del paciente, aunque sí recomendaban mantener la inclinación en un valor de entre 30 y 45° (Thomas, Paratz, Stanton, Deans, & Lipman, 2006).

Burk y Grap en el 2012 definieron un margen en el cual se debe encontrar la inclinación del paciente con el fin de evitar la neumonía asociada a ventilador y a la vez reducir lo más que se pueda la aparición de úlceras por presión, en donde estimaron ese rango entre 20 y 45°, siendo 30° el valor óptimo a buscar siempre y cuando no sea perjudicial para el paciente y permita a las enfermeras seguir trabajando normalmente (Burk & Grap, 2012).

3 Justificación

La NAV es responsable de hasta el 90% de las infecciones nosocomiales en entornos de cuidado crítico, aumentando los costos, la duración de la ventilación mecánica, estadía en la UCI y hospital y la mortalidad (Burk & Grap, 2012). Se ha demostrado que tratar a los pacientes que presentan ventilación mecánica y tubo nasogástrico en una posición semi-recumbente reduce la tasa de neumonía nosocomial en un 75% (Drakulovic, y otros, 1999). Además, se ha encontrado que no es fácil para las enfermeras estimar el ángulo al cual se encuentra el paciente (Perrie, Windsor, & Scribante, 2007), o que es fácil estimarlo pero por otras razones no elevan al paciente al rango de seguridad recomendado (Dillon, Munro, & Grap, 2002), por lo que sería benéfico la creación y utilización de un dispositivo que permita medir y visualizar el ángulo que presenta el paciente, con el fin de reducir los casos de NAV presentes en los ambientes de la UCI.

4 Objetivos del proyecto

4.1 Objetivo General:

Desarrollar un prototipo de dispositivo que permita medir el ángulo de inclinación de pacientes en la Unidad de Cuidados Intensivos de la clínica León XII.

4.2 Objetivos Específicos:

Diseñar y construir el sistema de bioinstrumentación para la medición y visualización del ángulo de inclinación de los pacientes de las UCI.

Evaluar el desempeño del dispositivo construido a través de un análisis comparativo con los resultados obtenidos mediante una simulación física.

Implementar una prueba clínica del dispositivo en pacientes de la UCI de la clínica León XII.

5 Resultados y productos esperados del proyecto

- Dispositivo para la medición y visualización del ángulo de inclinación de los pacientes de las UCI.
- Resultados del análisis comparativo mediante simulación física, precisión y exactitud que permitan realizar ajustes y mejorar el desempeño del dispositivo.
- Resultados del ensayo clínico que permitan mejorar la aplicabilidad del dispositivo.

6 Marco de referencia

6.1 Causas

No se tiene claro la causa exacta de esta patología, pero la teoría más aceptada es que sucede por la translocación bacteriana desde el tracto gastrointestinal hacia el tracto respiratorio. Este fenómeno se evidencia principalmente en los pacientes de las unidades de cuidados intensivos que presentan una deglución anormal, ya sea por presentar ventilación mecánica asistida, un estado de conciencia alterada, instrumentación gastrointestinal o están bajo efectos de fármacos. Debido a que el paciente presenta una deglución alterada, se cree que es posible que, a través de la micro aspiración, los patógenos migren del tracto gastrointestinal al tracto respiratorio (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003).

El CDC y el Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee en el 2003 también explican que existen cuatro grupos de factores de riesgo asociados a esta condición (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003):

1. Factores que facilitan la colonización de microorganismos desde la orofaringe y estómago, como por ejemplo ser administrado agentes antimicrobiales que permiten a las bacterias desarrollar resistencias o una enfermedad pulmonar existente previamente.
2. Condiciones que favorecen la aspiración hacia el tracto respiratorio o reflujo del tracto gastrointestinal, como por ejemplo la intubación endotraqueal, inserción de un tubo nasogástrico, posición supina, coma, inmovilización o procedimientos quirúrgicos.
3. Condiciones que requieran un uso prolongado de soporte ventilatorio mecánico con exposición potencial a una fuente de contaminación, como por ejemplo manos y dispositivos médicos.
4. Factores del huésped como edad, malnutrición, o inmunosupresión.

Los patógenos causantes de esta enfermedad varían entre institución hospitalaria, entre poblaciones y depende además del tiempo transcurrido entre la intubación y el desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, rara vez los casos de neumonía asociada a ventilador son por patógenos virales u hongos (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005). Se ha encontrado que la NAV es causada normalmente por bacilos gram negativos, y que si se desarrolla en menos de 96 horas después de la intubación es probable que los agentes causantes sean *E. coli* o *S. pneumoniae*. Si de lo contrario la infección se desarrolla después de 96 horas de la intubación es común que los patógenos sean *S. aureus* o *Acinetobacter* spp (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003). Alpesh Amin (2009) describe que los principales microorganismos relacionados a esta patología son *P. aeruginosa*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *E. coli*, *Klebsiella* y *Haemophilus influenzae* (Amin, 2009).

Los pacientes intubados tienen un riesgo adicional debido a que el tubo endotraqueal puede transportar los microorganismos orofaríngeos a la tráquea durante la intubación. Igualmente, estos pacientes normalmente están en estado crítico por lo que pueden tener sus defensas comprometidas, facilitando el progreso de la infección. Adicionalmente, los patógenos pueden unirse a la superficie del tubo endotraqueal y formar una biocapa que los protege de las defensas del paciente y de los agentes antibióticos (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003).

Se ha encontrado que las bacterias asociadas a esta infección cambian dependiendo del periodo que ha transcurrido el paciente en el hospital cuando comienza la neumonía. Si la infección se contrae en los primeros cuatro días de la hospitalización, es más común encontrar patógenos sensibles a los antibióticos que si la enfermedad se contrae días después, en los que normalmente se ha encontrado infecciones por patógenos resistentes a multi-farmacos y que el paciente presenta una peor prognosis (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005).

6.2 Efectos

Los niveles de mortalidad asociados a la NAV son altos, oscilando entre 20% y 33%, y aumentando el tiempo de estadía en la UCI de en promedio entre 4.3 y 6.1 días (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003) (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005). Además, se estiman los costos asociados al desarrollo de esta enfermedad a en promedio 40,000 dólares (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005).

6.3 Diagnóstico

El diagnóstico de la neumonía asociada a ventilador se considera difícil ya que no tiene síntomas característicos ligados a ella, y se complica aún más si el paciente presenta síndrome de distrés respiratorio agudo, que pueden camuflar los síntomas de la neumonía hasta que ya esté muy avanzada (Koenig & Truwit, 2006). Además, el diagnóstico también depende de la experiencia del médico tratante y de las pruebas que haga (Klompas, 2010). Se sospecha de esta condición cuando se evidencia, usando radiografías de pecho, que el paciente desarrolla un infiltrado pulmonar nuevo o progresivo, además de leucocitosis y secreciones traqueobronquiales purulentas. El problema de lo anterior es que son afecciones comunes en pacientes que se encuentran en cuidados intensivos, como por ejemplo las secreciones purulentas, que pueden ser desarrolladas por el uso prolongado del ventilador mecánico (Koenig & Truwit, 2006).

(Koenig & Truwit, 2006) ha establecido que los criterios clínicos para diagnosticar la NAV son un infiltrado radiográfico nuevo y persistente (mayor a 48 horas), y dos de las siguientes condiciones:

- Temperatura mayor a 38 o menor a 36 grados centígrados.
- Conteo de leucocitos en sangre mayor a 10,000 células por mililitro o menor a 5,000.
- Secreciones traqueales purulentas.
- Degradación del intercambio gaseoso.

Además, Fartoukh y otros (2003) mencionan condiciones similares a las descritas anteriormente para el diagnóstico de la neumonía asociada a ventilador (Fartoukh, y otros, 2003).

Para el diagnóstico microbiológico se pueden realizar cultivos de sangre y líquido pleural o cultivos de muestras de la vía aérea (Koenig & Truwit, 2006).

6.4 Tratamiento

Para el tratamiento, la American Thoracic Society y la Infectious Diseases Society of America recomiendan seguir un algoritmo que diferencia si la neumonía fue desarrollada de manera temprana o tardía, ya que como se mencionó anteriormente el patógeno que ingresa al paciente depende en gran parte del tiempo que este llevaba hospitalizado. El algoritmo puede ser visualizado en la Figura 1, y lo que nos indica es que si la enfermedad se desarrolla después de que el paciente lleva más de 5 días hospitalizado o si se considera que existen factores de riesgo para la infección por patógenos resistentes a multi-farmacos se debe iniciar un tratamiento en el cual se utilizan medicamentos de amplio espectro y drogas especializadas en combatir este tipo de patógenos. Si de lo contrario la neumonía se desarrolla en un tiempo menor a 5 días, el paciente puede ser tratado con una terapia antibiótica de espectro limitado (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005).

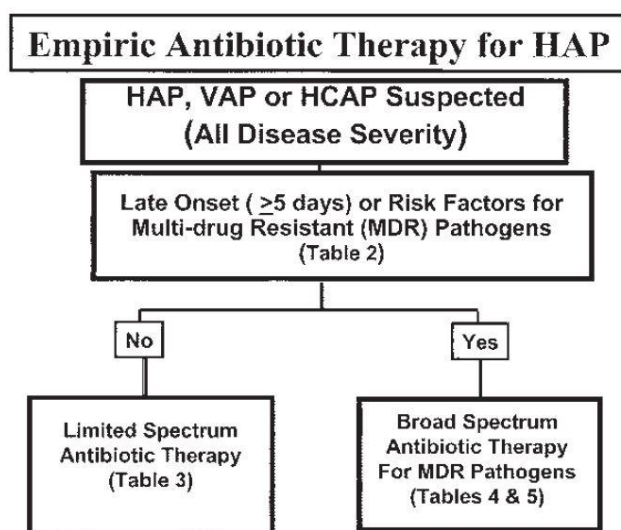


Figura 1. Algoritmo para la selección del tratamiento de la NAV (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005).

6.5 Medidas de Prevención (American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America, 2005)

La American Thoracic Society y la Infectious Diseases Society of America recomiendan tener en cuenta ciertos factores de riesgo modificables para reducir la incidencia de neumonía nosocomial, entre los cuales están:

- Profilaxis general: teniendo programas de educación y capacitación en desinfección de manos con métodos a base de alcohol, además de un monitoreo constante de los patógenos de las UCI para tener un control efectivo de su proliferación.
- Intubación y ventilación mecánica: reducir en la medida de lo posible la intubación y reintubación, además de tratar de usar lo más posible la ventilación de tipo no invasivo y asegurarse de que el neumotaponador endotraqueal esté siempre por encima de los 20 cm de agua para evitar la colonización orofaríngea de bacterias estomacales.
- Modulación de la colonización usando antibióticos y antisépticos: Se recomienda descontaminar de manera selectiva el tracto digestivo ya que se ha encontrado que esto ayuda a contener las bacterias resistentes a multi-farmacos.
- Control de la glicemia: Se ha encontrado que mantener la glucosa en suero entre 80 y 110 mg/dl en pacientes que estén en la Unidad de Cuidados Intensivos ayuda a reducir las infecciones nosocomiales del torrente sanguíneo y la duración en general de la ventilación mecánica y de la estadía en la UCI, además de la morbilidad y mortalidad de los pacientes.
- Aspiración, posición corporal y alimentación enteral: Se recomienda mantener a los pacientes en una posición semirecumbente (entre 30° y 45°) para prevenir la aspiración, especialmente cuando se recibe alimentación enteral. Además, se prefiere tener una alimentación enteral sobre una parenteral con el fin de reducir complicaciones relacionadas a los catéteres centrales intravenosos.

Los mecanismos de funcionamiento de la posición semirecumbente no son completamente entendidos, pero se cree que es porque reduce el reflujo gastro esofágico y la colonización anormal orofaríngea (Drakulovic, y otros, 1999).

Como se había mencionado anteriormente, el Centro para el Control de las Enfermedades de Estados Unidos considera un factor de riesgo mantener en posición supina al paciente, y recomienda también mantenerlo en una posición de entre 30° y 45° ya que parece que esto previene la aspiración. En dos casos diferentes, 23% y 36% de los pacientes que recibieron ventilación

mecánica en posición supina desarrollaron casos de neumonía, mientras que 5% y 11% de los que estaban en una posición semirecumbente la desarrollaron (CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2003).

7 Procedimiento o Diseño metodológico

Primer Objetivo Específico: Diseñar y construir el sistema de bioinstrumentación para la medición y visualización del ángulo de inclinación de los pacientes de las UCI.

Actividad 1: Diseño del sistema electrónico de bioinstrumentación: Se elaborará el diseño del sistema electrónico de bioinstrumentación a través de herramientas de simulación.

Actividad 2: Diseño del software: Se creará la programación con la cual el dispositivo calculará el ángulo de inclinación del paciente.

Actividad 3: Diseño del dispositivo: Se realizará el diseño físico del dispositivo dando cumplimiento a las normas nacionales sobre dispositivos médicos.

Actividad 4: Construcción del dispositivo: Se construirá el dispositivo integrando la parte electrónica, física y su programación.

Segundo Objetivo Específico: Evaluar el desempeño del dispositivo construido a través de un análisis comparativo con los resultados obtenidos mediante una simulación física.

Actividad 5: Diseño de un protocolo de experimentación: Se creará un protocolo de experimentación para la medición del ángulo de inclinación en situaciones simuladas.

Actividad 6: Implementación del protocolo de experimentación: Se aplicará el protocolo de experimentación con el fin de obtener valores de medición que permitan comparar la medición del dispositivo con el ángulo real.

Actividad 7: Comprobación del funcionamiento del sistema: Se compararán los valores obtenidos y se calcularán valores tales como exactitud y precisión.

Actividad 8: Ajustes y re-diseño: Se implementarán ajustes al dispositivo según los resultados de la actividad anterior.

Tercer Objetivo Específico: Implementar una prueba clínica del dispositivo en pacientes de la UCI de la clínica León XII.

Actividad 9: Diseño de un protocolo de experimentación: Se creará un protocolo de experimentación para la medición del ángulo en pacientes.

Actividad 10: Diseño de un consentimiento informado: Se establecerá un consentimiento informado para la autorización por parte de los pacientes o sus responsables para la aplicación del dispositivo en el proyecto.

Actividad 11: Implementación del protocolo de experimentación: Se aplicará el protocolo de experimentación con el fin de evaluar el funcionamiento del dispositivo en situaciones reales.

Actividad 12: Ajustes y re-diseño: Se implementarán ajustes al dispositivo según los resultados de la actividad anterior.

8 Plan operativo

8.1 Cronograma (anexo)

8.2 Responsables y responsabilidades

<i>Nombre del participante</i>	<i>Institución</i>	<i>Función dentro del proyecto</i>	<i>Productos que generará</i>
Juan Manuel Gómez	EIA-CES	Investigador	Dispositivo para la medición del ángulo de inclinación de un paciente

8.3 Presupuesto (anexo)

9 Consideraciones éticas

En el presente proyecto se desarrollará un sistema para la medición del Ángulo de inclinación de un paciente en una cama de UCI. Para su planeación y ejecución considerarán los siguientes fundamentos:

- Los investigadores deben comprometerse a actuar con responsabilidad y honestidad y a tratar con veracidad y transparencia los resultados de este proyecto.
- Se respetarán los derechos de autor de toda la información recolectada y escrita en el presente proyecto y se otorgará el crédito de acuerdo a las normas APA. Adicionalmente, se protegerá al autor según como lo dice la Ley 23 de 1982 de la Constitución Política de Colombia.
- Cómo se realizarán pruebas en seres humanos, se velará por no afectar su salud, además de que los pacientes o sus responsables deben tener conocimiento sobre la realización y efectos de la prueba y aprobar un consentimiento informado. Las pruebas en seres humanos deben ser aprobadas por el comité de ética institucional. Se deben seguir todas las normas pautadas en el decreto 8430 de 1993.
- El presente proyecto no tendrá ningún tipo de discriminación racial, social, religiosa o de género.
- En todo momento la identidad del paciente será protegida y serán tratados como anónimos. Su historia clínica será utilizada sólo con fines de investigación.
- Se dará mérito a todas las personas e instituciones que apoyen y aporten a la planeación y ejecución de la presente investigación.

10 Diseño Preliminar

10.1 Electrónica

Para el componente electrónico se decide utilizar la plataforma Arduino para desarrollar el dispositivo, por su facilidad de utilización e implementación, además de bajo costo. El dispositivo se puede construir con un Arduino Pro Mini 328, que además posee la ventaja de ser de un tamaño pequeño y funciona a 3.3V, voltaje estándar para muchos sensores. Como sensor se consideró

utilizar un acelerómetro MMA7361L, por su pequeño tamaño y porque posee una sensibilidad suficiente para la aplicación a desarrollar (Freescale Semiconductor, 2008). El principio de operación de este acelerómetro es a través de detectar los cambios en los capacitores internos que posee que son sensibles a la gravedad que los influencia y que están relacionados con el eje “x”, “y” y “z”. Lo anterior demuestra además que no importa cómo está ubicado en el espacio el acelerómetro, éste siempre va a poder detectar el ángulo de inclinación utilizando las formulas definidas en las notas de aplicación de los ingenieros de Freescale Semiconductors (Tuck, 2007). El Arduino hará la lectura del acelerómetro y convertirá sus valores en ángulos, que de no cumplir con lo encontrado en la literatura activará una alarma y mostrará el valor del ángulo encontrado en una pantalla LCD. El dispositivo deberá ir en un lugar en donde pueda encontrar el ángulo al cual está el paciente, por ejemplo en su pecho o brazo.

10.2 Programación

La programación del dispositivo se hizo en el lenguaje Arduino, basado en las notas de aplicación (Tuck, 2007) y la información técnica del acelerómetro (Freescale Semiconductor, 2008). Un primer acercamiento al algoritmo necesario para poder operar el dispositivo se encuentra a continuación:

```
#include <math.h>

#define SLP 7 //Defino nombres por si tengo
que cambiar los pines usados mas adelante
#define SENSE 6
#define Alarma 8

//Defino los pines para la lectura analogica en
x, y, z
#define An0 A3
#define An1 A4
#define An2 A5
#define led 13

double x=0; //Para obtener los grados con
decimales, se puede poner int para quitarle
los decimales por si no interesan
double xg=0; //Para leer el ADC
double y=0;
double yg=0;
double z=0;
double zg=0;
int n=1; //Control de menus, esta en 1 para el
debug

double cuadx=0; //Valores en donde se
almacenan las potencias
double cuady=0;
double cuadz=0;
double cuad4=0;

double res1=0; //Valor para almacenar la
resultante 1;

double res2=0; //Valor para almacenar la
resultante 2;
double angulo=0; //Valor para almacenar el
angulo obtenido;

void setup() {
  pinMode(SLP,OUTPUT); //Pin para el
  conector SLEEP
  pinMode(SENSE,OUTPUT); //Pin para la
  seleccion de la sensibilidad (1.5g, 6g)
  pinMode(led, OUTPUT);
  digitalWrite(SLP, LOW); //Apago
  acelerometro
  digitalWrite(SENSE,LOW); //Configuro
  sensibilidad a 1.5g
  Serial.begin(9600);
  delay(50);
}

void loop() {
  while(n=0){
    //Menu principal
    digitalWrite(SLP,LOW); //Apago
    acelerometro
  }

  while (n=1){
    digitalWrite(led,LOW); //Control de si el acel
    esta funcionando
    //Para obtener datos y guardarlos
```

```
digitalWrite(SLP, HIGH); //Enciendo
acelerometro
delay(100);
xg=analogRead(An0); // Uso ADC para
encontrar el valor del acelerometro
delay(50); //Pausa para dejar que el ADC se
recupere
yg=analogRead(An1);
delay(50);
zg=analogRead(An2);
delay(50);
Serial.println("Valores crudos
acelerometro");
Serial.println(xg);
Serial.println(yg);
Serial.println(zg);
delay(1000);

x=(xg/675)*3.3; //Convierto el valor de
analogico a voltaje, en arduino UNO el VRef
es 5V, por lo que tenemos que ajustarlo a
nuestro maximo de 3.3V del acelerometro.
x=(x-1.65)/0.8; //Ajuste segun
funcionamiento (positivo es en direccion del
eje del acelerometro y negativo en el otro eje)
```

```
y=(yg/675)*3.3;
y=(y-1.65)/0.8;
```

```
z=(zg/675)*3.3;
z=(1.65-z)/0.8;
```

```
Serial.println("Valores en G de x, y, z");
Serial.println(x);
Serial.println(y);
Serial.println(z);
delay(1000);
```

//A partir de aqui cambia el codigo dependiendo de como se ubique el dispositivo, asumo eje Y en direccion cabeza-pies del paciente (positivo hacia los pies del paciente), y z en direccion piso-techo (positivo hacia el techo)

```
cuadx=x*x;
cuady=y*y;
cuadz=z*z;
```

```
res1=cuadx+cuadz;
res1=sqrt(res1);
```

```
res2=y/res1;
```

```
//angulo=atan(res2); //Este es el angulo en
radianes
//angulo=angulo*57.3; //Angulo en grados
angulo=round( atan2 (y, res1) *
180/3.14159265 );
```

```
Serial.println("Valores resultantes");
Serial.println(res1);
Serial.println(res2);
Serial.println("Angulo");
Serial.println(angulo);
delay(1200);
```

```
if (angulo<30){
digitalWrite(Alarma,LOW)
}
```

```
if (angulo>30){
digitalWrite(Alarma,HIGH)
}
```

//Analizar si se deben guardar estos datos, y como guardarlos para que no se pierda su fecha/hora

```
if (z>0){
if (z<5){
digitalWrite(led,HIGH); //Control de
si el acelerometro esta funcionando
delay(100);
}
}
}
```

```
while (n=2){
//Aqui va la lectura de datos guardados
digitalWrite(SLP,LOW); //Apago
acelerometro
}
```

```
while (n=3){
//Configuracion de la fecha y hora
digitalWrite(SLP,LOW); //Apago
acelerometro
}
}
```

11 Referencias Bibliográficas

- American Thoracic Society e Infectious Diseases Society of America. (2005). Guidelines for the Management of Adults with Hospital-Acquired Ventilator-associated, and Healthcare-associated Pneumonia. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, 388–416.
- Amin, A. (2009). Clinical and Economic Consequences of Ventilator-Associated Neumonia. *Clinical Infectious Diseases*, S36-S43.
- Burk, R. S., & Grap, M. J. (2012). Backrest position in prevention of pressure ulcers and ventilator-associated pneumonia: Conflicting recommendations. *Heart & Lung*, 536-545.
- CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. (2003). *Guidelines for Preventing Healthcare Associated Neumonia*. Atlanta: National Center for Infectious Diseases.
- Coffin, S. E., Klompas, M., Classen, D., Arias, K. M., Podgorny, K., Anderson, D. J., . . . Yokoe, D. S. (2008). Strategies to Prevent Ventilator-Associated Pneumonia in Acute Care Hospitals. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, S31-S40.
- Dillon, A., Munro, C. L., & Grap, M. J. (2002). Nurses' accuracy in estimating backrest elevation. *American Journal of Critical Care*, 34-37.
- Drakulovic, M. B., Torres, A., Bauer, T. T., Nicolas, J. M., Nogué, S., & Ferrer, M. (1999). Supine Body Position as a Risk Factor for Nosocomial Pneumonia in Mechanically Ventilated Patients: A Randomised Trial. *Lancet*, 1851-1858.
- Fartoukh, M., Maitre, B., Honoré, S., Cerf, C., Zahar, J. R., & Brun-Buisson, C. (2003). Diagnosing Pneumonia during Mechanical Ventilation. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, 173-179.
- Freescall Semiconductor. (1 de Abril de 2008). Technical Data for MMA7361L: $\pm 1.5g$, $\pm 6g$ Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer. Denver, Colorado, Estados Unidos.
- Gallagher, J. A. (2012). Implementation of Ventilator- Associated Pneumonia Clinical Guideline. *The Journal for Nurse Practitioners*, 377-382.
- Grap, M. J., Munro, C. L., Bryant, S., & Ashtiani, B. (2003). Predictors of Backrest Elevation in Critical Care. *Intensive Care and Critical Care Nursing*, 68-74.
- International Nosocomial Infection Control Consortium. (2012). *INICC Bundle to Prevent Ventilator-Associated Pneumonia in Intensive Care Units: An International Perspective*. Buenos Aires: International Nosocomial Infection Control Consortium.
- Klompas, M. (2010). Interobserver variability in ventilator-associated pneumonia surveillance. *American Journal of Infection Control*, 237-239.
- Koenig, S. M., & Truwit, J. D. (2006). Ventilator Associated Pneumonia: Diagnosis, Treatment, and Prevention. *Clinical Microbiology Reviews*, 637-657.
- NHS National Services Scotland. (2008). *VAP Prevention Bundle: Guidance for Implementation*. Edinburgo: ISD Scotland Publications.

- NHS National Services Scotland. (2011). *What are the key infection prevention and control recommendations to inform a minimising ventilator associated pneumonia (VAP) quality improvement tool?* Edinburgo: Health Protection Scotland.
- Perrie, H., Windsor, S., & Scribante, S. (2007). Nurses' accuracy in estimating backrest elevation. *Southern African Journal of Critical Care*, 10-14.
- Thomas, P. J., Paratz, J. D., Stanton, W. R., Deans, R., & Lipman, J. (2006). Position Practices for Ventilated Intensive Care Patients: Current Practice, Indications and Contraindications. *Australian Critical Care*, 122-132.
- Tuck, K. (1 de Junio de 2007). Freescale Semiconductor Application Note: Tilt Sensing Using Linear Accelerometers. Tempe, Arizona, Estados Unidos.