

# 4. MARCO TEORICO

## 4.1 VISION GENERAL DE LA CIRCULACIÓN, LA SANGRE Y LA HEMOSTASIA

La función de la circulación consiste en atender las necesidades del organismo, transportar nutrientes hacia los tejidos del organismo, transportar los productos de deshecho, conducir a las hormonas de una parte del organismo a otra, y en general, mantener un entorno apropiado en todos los líquidos tisulares del organismo para lograr la supervivencia y funcionalidad óptima de las células.

### Características físicas de la circulación:

La circulación, como se ve en la figura 4, está dividida en *circulación sistémica* y *circulación pulmonar*. Como la circulación sistémica aporta el flujo sanguíneo a todos los tejidos del organismo excepto los pulmones, también se conoce como *circulación mayor* o *circulación periférica*.

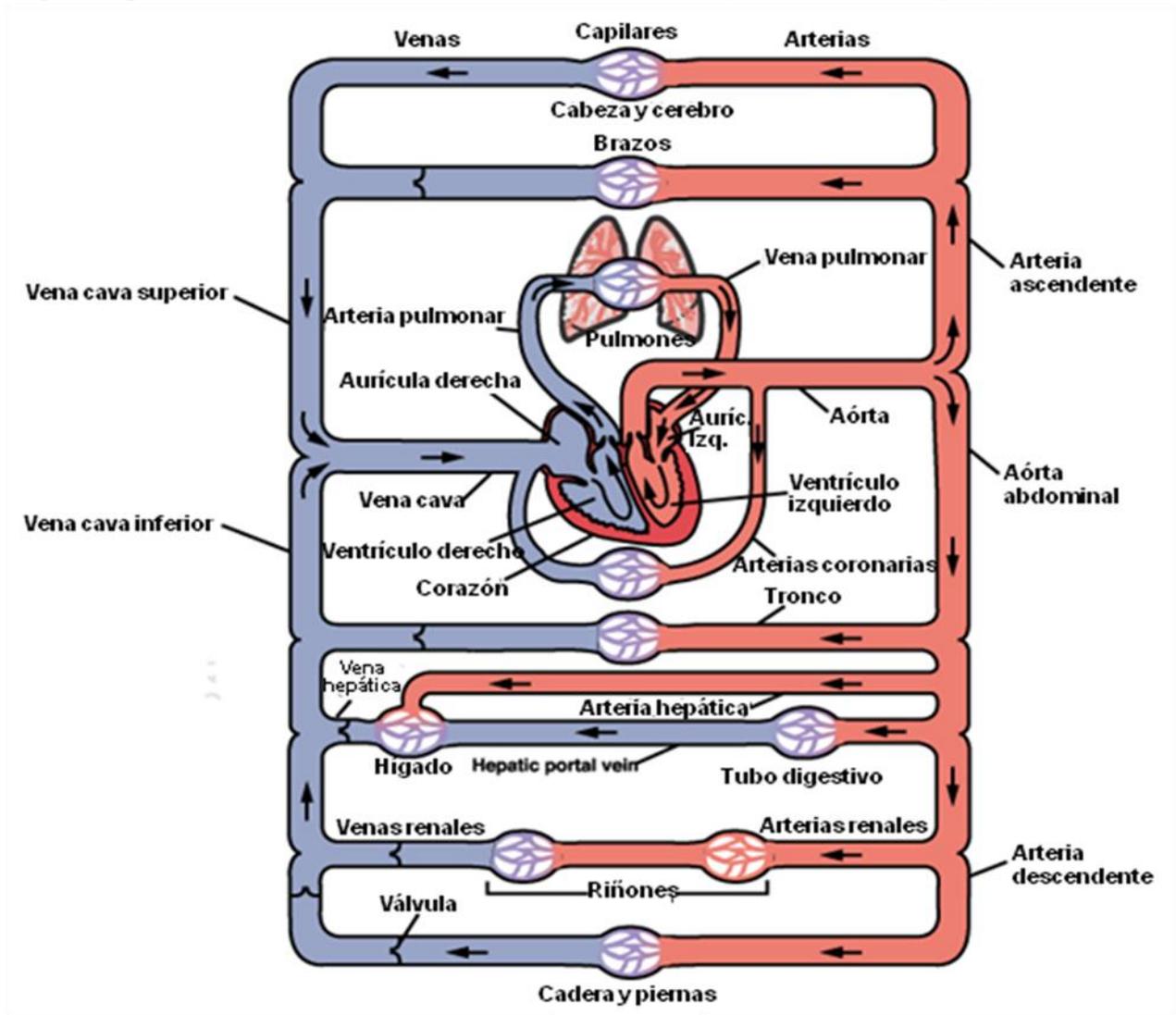


Figura 4: Distribución de la sangre en los distintos componentes del sistema circulatorio.

La principal función de los *eritrocitos*, también conocidos como *hematíes*, es transportar *hemoglobina*, que a su vez transporta oxígeno desde los pulmones a los tejidos.

## Hemostasia

El término hemostasia significa prevención de la pérdida de sangre. Siempre que se corta o rompe un vaso, se llega a la hemostasia por varios mecanismos: 1) el espasmo vascular; 2) la formación de un tapón de plaquetas; 3) la formación de un coágulo sanguíneo como resultado de la coagulación sanguínea, y 4) la proliferación final de tejido fibroso en el coágulo sanguíneo para cerrar el agujero en el vaso de manera permanente [16].

## La sangre

La sangre está formada por diferentes tipos de células suspendidas en un medio líquido nutriente denominado plasma que circulan por las arterias, los capilares y las venas aportando oxígeno y nutrientes esenciales a los tejidos y retirando anhídrido carbónico y otros productos de deshecho del organismo. Más de la mitad de la sangre está formada por plasma, compuesto principalmente por agua que contiene sales disueltas y proteínas. Una persona adulta tiene alrededor de 4 a 5 litros de sangre (8% del peso corporal) [17].

Por lo tanto la sangre esta compuesta por:

- Plasma
- Glóbulos rojos (eritrocitos)
- Glóbulos blancos (leucocitos)
- Plaquetas

## 4.2 HEMOGLOBINA Y TRANSPORTE DE OXIGENO

La hemoglobina (Hb) es una proteína globular, figura 5, que está presente en altas concentraciones en los glóbulos rojos y se encarga del transporte de  $O_2$  del aparato respiratorio hacia los tejidos periféricos; y del transporte de  $CO_2$  y protones ( $H^+$ ) de los tejidos periféricos hasta los pulmones para ser excretados.

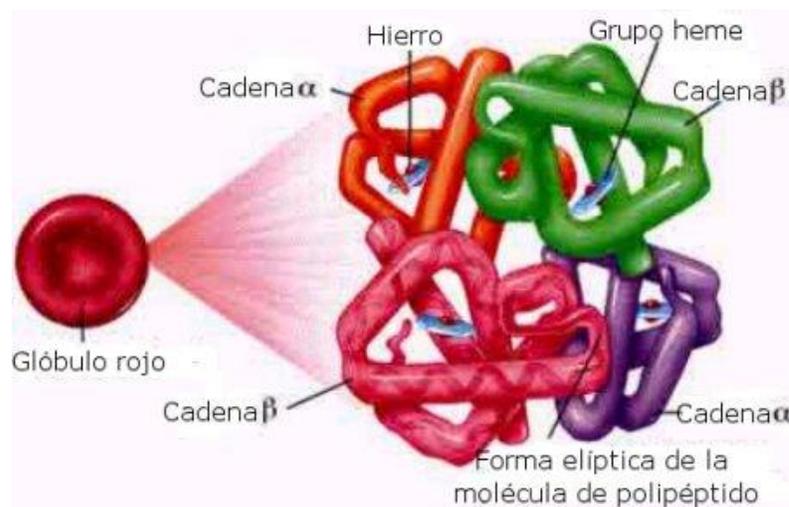


Figura 5: El glóbulo rojo contiene a la hemoglobina. Fuente [18]

La hemoglobina es una parte del eritrocito (células de la sangre roja) que lleva oxígeno activo, esta compuesto de hierro y 4 cadenas polipeptídicas (grupo de polímeros formados de cadenas largas de amino-ácidos). Cada cadena esta ligada a un átomo de hierro y cada Hb puede llevar 4 moléculas de oxígeno. Cada molécula de oxígeno tiene 2 átomos, así que cada molécula de hemoglobina puede transportar 8 átomos de oxígeno. Si todas las moléculas de hemoglobina estuvieran enlazadas con las moléculas de oxígeno, el total del cuerpo de la hemoglobina se dice estar completamente saturado (100% saturado). Una vez que el oxígeno ha difundido desde los alvéolos hacia la sangre pulmonar, es transportado hacia los capilares de los tejidos periféricos combinado casi totalmente con la hemoglobina. La presencia de la hemoglobina en los eritrocitos permite que la sangre transporte de 30 a 100 veces más oxígeno de lo que podría transportar en forma de oxígeno disuelto en el agua de la sangre.

### 4.3 VASOS SANGUINEOS

La función de las *arterias*, figura 6, consiste en transportar la sangre con una presión alta hacia los tejidos, motivo por el cual las arterias tienen unas paredes vasculares fuertes y unos flujos sanguíneos importantes con una velocidad alta. Llevan sangre rica en oxígeno, y según la forma que adopten, o hueso y órgano junto al cual corran, reciben diferentes denominaciones, tales como humeral, renal o coronaria, entre otras. Las *arteriolas* son las últimas ramas pequeñas del sistema arterial y actúan controlando los conductos a través de los cuales se libera la sangre en los capilares.

La función de los *capilares* consiste en el intercambio de nutrientes, líquidos, electrolitos, hormonas y otras sustancias en la sangre y en el líquido intersticial. Para cumplir esta función, las paredes del capilar son muy finas y tienen muchos poros capilares diminutos, que son permeables al agua y a otras moléculas pequeñas. Las *vénulas* recogen la sangre de los capilares y después se reúnen gradualmente formando venas de tamaño progresivamente mayor. Las *venas* funcionan como conductos para el transporte de sangre que vuelve desde las vénulas al corazón; igualmente importante es que sirven como una reserva importante de sangre extra. Estos conductos constan de dos capas, una endotelial y otra formada por fibras elásticas, musculares y conjuntivas. A diferencia de las arterias, sus paredes son menos elásticas, y cada cierta distancia poseen válvulas que impiden que la sangre descienda por su propio peso [16].

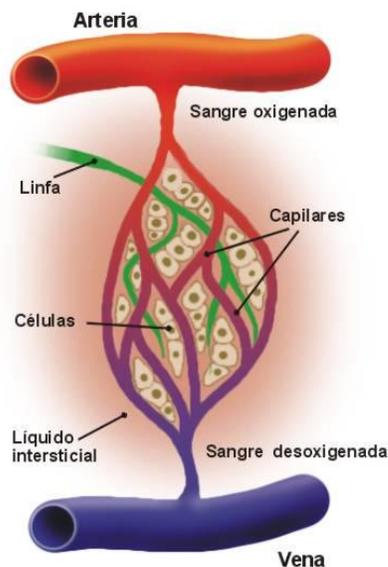


Figura 6: Estructura de un vaso capilar. Fuente [19]

#### **4.4 PULSO Y FRECUENCIA CARDIACA**

El pulso puede palparse en diferentes zonas del organismo; sin embargo, el pulso radial es el más empleado como medida selectiva para indicar la frecuencia cardíaca, el número de ciclos cardíacos por minuto. El pulso radial se palpa con los pulpejos de los dedos segundo y tercero en la porción lateral de la cara flexora de la muñeca. No solo se debe contar el número de pulsaciones, sino que también hay que tomar nota de su ritmo, amplitud y contorno [3].

La onda de pulso arterial se produce, como consecuencia de la naturaleza pulsátil del corazón que envía sangre hacia las arterias de forma intermitente. El gasto cardíaco está determinado por el producto del número de latidos por minuto (frecuencia cardíaca) y la cantidad de sangre expulsada en cada sístole (volumen latido) y por lo tanto, todos los mecanismos que provoquen cambios del volumen latido o de la frecuencia cardíaca tienden a modificar el gasto cardíaco. La frecuencia cardíaca es uno de los primeros factores que se modifican para mantener la homeostasis cardiovascular. Los cambios de frecuencia cardíaca son efectivos en el control de la presión arterial, porque normalmente se traducen en cambios proporcionales de gasto cardíaco [21].

#### **4.5 HIPOXIA E HIPOXEMIA**

**Hipoxia:** Disminución en el suministro de oxígeno a los tejidos.

**Hipoxemia:** Contenido bajo de oxígeno en sangre.

A continuación se presenta una clasificación descriptiva de las causas de hipoxia:

1. Oxigenación inadecuada de la sangre en los pulmones por causas extrínsecas
2. Enfermedades pulmonares
3. Cortocircuitos desde la circulación venosa a la arterial
4. Transporte inadecuado de oxígeno a los tejidos por la sangre
5. Capacidad inadecuada de los tejidos de utilizar el oxígeno

#### **Efectos de la hipoxia sobre el cuerpo.**

La hipoxia si es lo suficientemente grave, puede producir la muerte de las células de todo el cuerpo, pero en grados menos graves produce principalmente: 1) depresión de la actividad mental, que a veces culmina en el coma, y 2) reducción de la capacidad de trabajo de los músculos [16].

## 4.6 FORMA DE ONDA PLETISMOGRÁFICA

La onda de pulso pletismográfica es una imagen especular de la forma de onda de la intensidad de luz transmitida o reflejada y medida mediante pletismografía fotoeléctrica, figura 7.

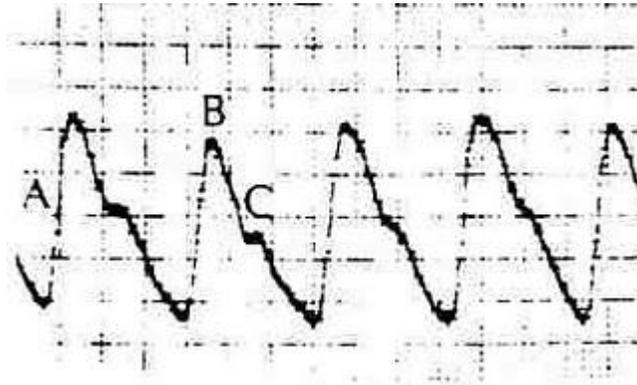


Figura 7: Forma de onda fotopletismográfica [22].

Dado que la señal pulsátil es la base de la pulsioximetría, la onda de pulso pletismográfica o pletismograma es un parámetro relevante desde el punto de vista del médico [23], este parámetro nos indica:

1. Los cambios en la circulación periférica
2. La amplitud en la onda están relacionados con los cambios en el volumen sanguíneo de los vasos en donde se está realizando la medición
3. La disminución de la amplitud de la onda indicará vasoconstricción, de forma que el médico puede diagnosticar aquellas situaciones que cursen con esta respuesta fisiológica, ej. Miedo, dolor, frío, hipocapnia, uso de vasoconstrictores.
4. Un aumento en la amplitud indicará vasodilatación y se asociará a calor, aumento de temperatura corporal, hipercapnia, ausencia de dolor, etc.
5. La onda pletismográfica nos indicará la efectividad de las contracciones cardiacas, por ejemplo en presencia de distintas arritmias o en la reanimación de una parada cardiaca.

## 4.7 LEY DE BEER-LAMBERT

Durante la absorción, la intensidad de una onda electromagnética incidente es atenuada al pasar a través de un medio. La absorbancia de un medio esta definida como la razón de intensidades absorbida e incidente. La absorción se debe a la conversión de energía lumínica en movimiento térmico o ciertas vibraciones de moléculas del material absorbente. Figura 8.

Así pues, la *transmitancia* ( $T$ ) de una solución se define como la fracción incidente de luz transmitida por la solución. Se expresa frecuentemente en porcentaje, como se muestra en la ecuación 1:

$$T = I_1/I_0 \quad (1)$$

$I_0$  = Intensidad de luz inicial (incidente).

$I_1$  = Intensidad de luz transmitida a través de una muestra.

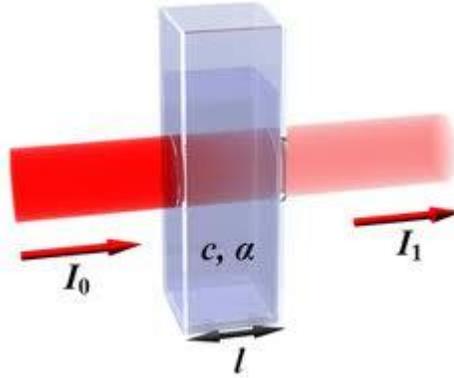


Figura 8: Atenuación de un haz de radiación por una sustancia absorbente [20].

La *absorbancia* es el logaritmo decimal del inverso de la *transmitancia*.

La ecuación 2 es la siguiente:

$$A = \log_{10}(1/T) = -\log_{10}(T) = -\log(I_1/I_0) \quad (2)$$

La fracción de luz absorbida en una longitud de onda específica, se denomina *absortividad* o *coeficiente de extinción*.

La habilidad de un medio para absorber radiación electromagnética depende de un número de factores, principalmente la constitución electrónica de sus átomos y moléculas, la longitud de onda de la radiación, el grosor de la capa absorbente. Dos leyes son frecuentemente aplicadas las cuales describen el efecto de cualquiera de los dos, que son el espesor o la concentración sobre el absorbente, respectivamente. Estos son comúnmente llamados *ley de Lambert* y *ley de Beer* [24].

#### 4.8 MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador, figura 9, es un circuito integrado que incluye tres unidades funcionales principales de una computadora: Unidad de procesamiento central (UPC), Memoria y Unidades de E/S [25]. Son diseñados para reducir costo económico y el consumo de energía en un sistema en particular.

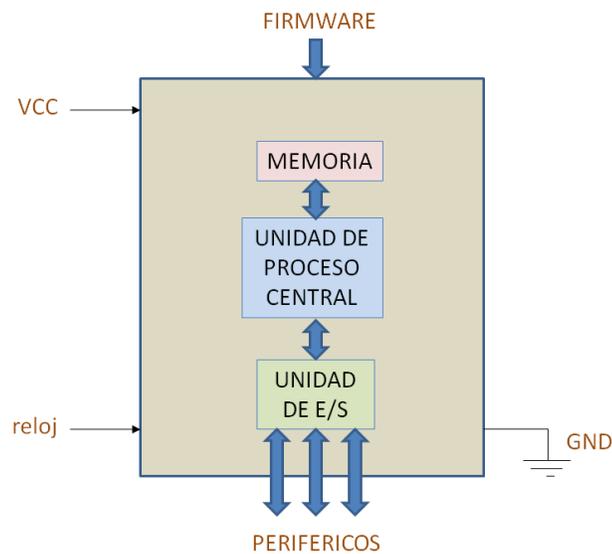


Figura 9: Esquema general de un microcontrolador.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers"
- Perro guardián o "Watchdog"
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"
- Estado de reposo o de bajo consumo
- Conversores A/D y D/A
- Comparador analógico
- Modulación por ancho de pulso (PWM)

Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación, como son:

- Procesamiento de datos
- Entrada / Salida
- Consumo
- Memoria
- Ancho de palabra
- Diseño de la placa (tipo de encapsulado)