

1 DESCRIPCIÓN DEL NXT.

El "cerebro" del NXT es un procesador ARM-7 de 32 bits, concretamente el AT91SAM7S256, con 256 KB de memoria FLASH para los programas (y para el firmware), 64 KB de RAM para los datos y una velocidad de funcionamiento de 48 MHz. Además posee un procesador de 8 bits dedicado íntegramente a la gestión de las entradas y las salidas del NXT, y otro pequeño procesador que se encarga de las comunicaciones inalámbricas (Bluetooth). La responsabilidad de la interfaz USB recae sobre el propio procesador central y puede alcanzar una velocidad de 12 Mbit/s. La pantalla gráfica es de 100x64 píxeles y el sistema de sonido de 8 bits de resolución, que soporta una frecuencia de muestreo de hasta 16 KHz. En la figura 3.1 y 3.2 se muestran los diagramas de bloques del AT91SAM7S256 y del NXT respectivamente [8].

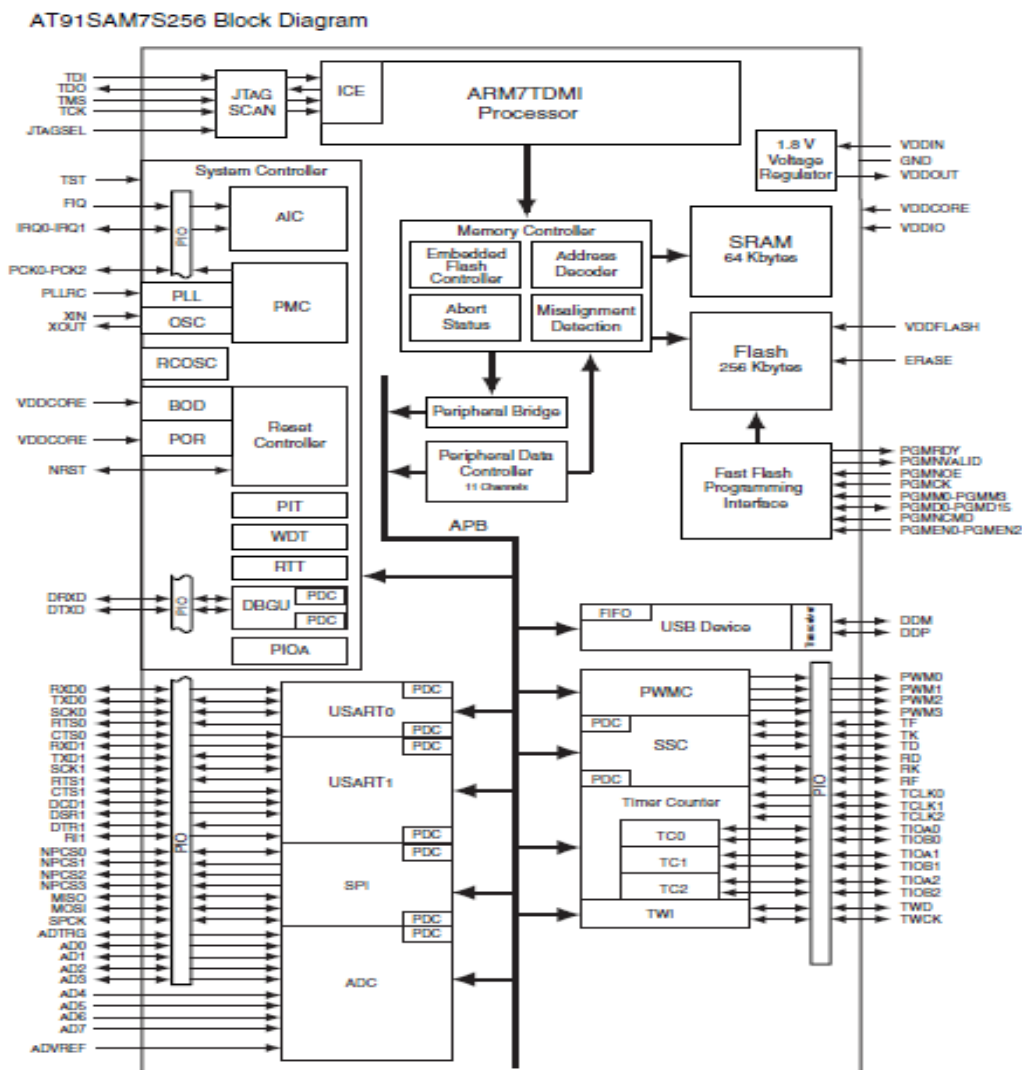


Figura 3.1: Diagrama de bloques del AT91SAM7S256.

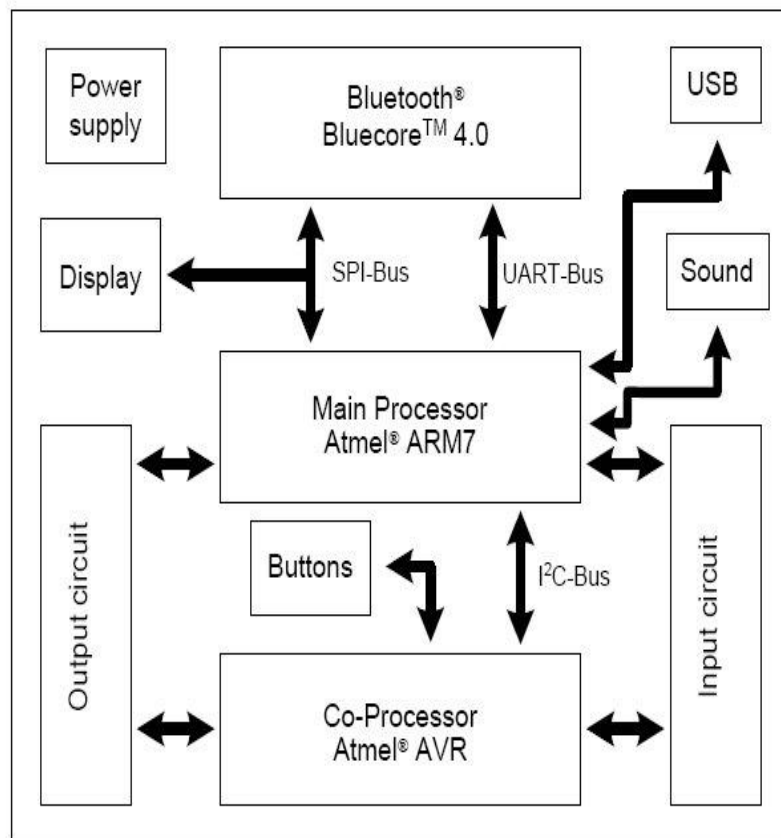


Figura 3.2: Diagrama de bloques del bloque NXT.

Resumen de las características técnicas del NXT:

- Microcontrolador de 32 bits ARM7.
- Memoria FLASH de 256 Kbytes.
- Memoria RAM de 64 Kbytes.
- Microcontrolador de 8 bits para gestión de E/S.
- Memoria FLASH de 4Kbytes.
- Memoria RAM de 512 Bytes.
- Comunicación Inalámbrica Bluetooth (Bluetooth Class II V2.0).
- Puerto USB de alta velocidad (12 Mbit/s).
- Cuatro puertos de entrada de seis contactos, plataforma digital.
- Tres puertos de salida de seis contactos, plataforma digital.
- Pantalla gráfica de cristal líquido de 64 x 100 puntos.
- Calidad de sonido de 8KHz.
- Batería de litio-ion polímero con conector DC de 2100 mAh o 6 baterías AA.



Figura 3.3: Aspecto físico del ladrillo NXT.

FUNCIONES DE LAS TECLAS DEL LADRILLO NXT [9].

- ✓ Botón Naranja.
 - Encendido y Enter.
- ✓ Botones Gris Claro.
 - Para moverse en el menú a izquierda y derecha.
- ✓ Botón Gris Oscuro.
 - Para retroceder en la selección del menú.
 - Para apagar el NXT, presione el botón gris oscuro hasta que aparezca la pantalla “Turn off?”, luego presione el botón naranja.

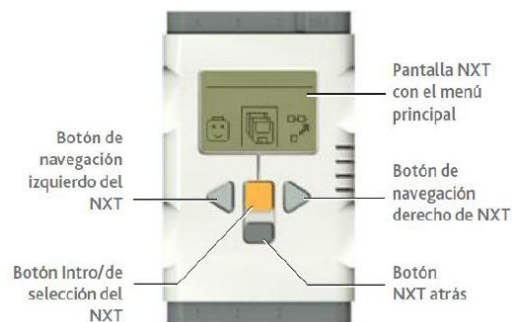


Figura 3.4: Vista frontal del ladrillo NXT.

INDICACIONES EN LA PANTALLA DEL LADRILLO NXT [9].

Como se aprecia en la figura 3.5, en la parte superior de la pantalla del NXT podemos ver el tipo de conexión que estamos usando (Bluetooth y/o USB), el nombre de nuestro robot, luego el símbolo que indica que está operativo y, finalmente, el estado de la batería.

Indicadores

- ⌘ Bluetooth encendido
- ⌘< Bluetooth visible para otros dispositivos
- ⌘> Bluetooth conectado a otro dispositivo
- USB USB conectado y trabajando bien
- ⌘ USB conectado, con problemas
- ⌘ NXT, operando correctamente
- ⌘ Batería baja
- Batería bien

EDUBRICK Nombre del NXT

Visualización

Figura 3.5: Indicadores en la pantalla del NXT.

Settings (Ajustes)	Try Me (Pruébame)	My Files (Mis Archivos)	NXT Program (Programa NXT)	View (Ver)	Bluetooth
En esta sección puede cambiar los ajustes de sonido, el modo Sleep y eliminar archivos.	Una serie de programas de muestra para probar los distintos sensores.	Aquí es donde se guardan sus programas y sonidos.	Programa acciones sencillas en el NXT utilizando botones.	Ver todos los sensores conectados al NXT.	Localiza y se conecta a otros dispositivos Bluetooth.
Probablemente no necesitará esta sección al principio.	Fantástico para mostrar todos los sensores en acción.	Una vez descargados los programas, pueden volver a ejecutarse desde aquí.	Una característica sencilla de programación para utilizar el NXT sin software...	Resulta útil cuando quiera utilizar el NXT como contador. Fantástico para escribir programas con los sensores.	Recomendado para usuarios avanzados. Al principio, límitese a la utilización de USB.

Tabla 3.1: Opciones del MENÚ PRINCIPAL del NXT.

Menú principal

My Files	Software Files	Programas que usted a bajado del computador
	NXT Files	Programas que usted ha hecho directamente en el NXT
	Sound Files	Archivos de sonido
NXT Programs	En este sub-menú, usted puede programar directamente el NXT	
Try Me	Programas precargados para probar motores y sensores, debe usar las puertas predeterminadas	
View	Le permite visualizar el estado de los motores y sensores en tiempo real	
Setting	Puede ajustar el volumen del sonido del NXT, ajustar el modo "Sleep" para apagar automáticamente el NXT y también borrar programas	
Bluetooth	Le permite ajustar las distintos parámetros de la comunicación inalámbrica	

Tabla 3.2: Detalles del MENÚ PRINCIPAL del NXT.

En la figura 3.6, apreciamos como el NXT puede comunicarse con el PC mediante la interfaz de USB que posee, la cual ya viene con la versión 2.0. Además, para comunicarse con otros robots en sus proximidades, el bloque NXT posee una interfaz Bluetooth que es compatible con la Clase II v2.0.



Figura 3.6: Ejemplo de conexión del NXT a un PC vía USB.

Esta conectividad *Bluetooth* permite no sólo conectarse con otros bloques sino también con ordenadores, tabletas, teléfonos móviles, y otros dispositivos con esta interfaz de comunicación.

La posibilidad de descargar los programas mediante cable o de forma inalámbrica vía "Bluetooth" simplifica mucho el trabajo y los problemas en clases de taller con alumnos respecto al enlace por infrarrojos de la anterior versión, el RCX (que es la versión anterior al NXT), ya que además de la tremenda ganancia en tiempo de descarga elimina las "descargas cruzadas" que muchas veces se producían al trabajar varios grupos de alumnos a la vez.

1.1 SENSORES DEL NXT.

Desde el punto de vista mecánico el NXT se une a la estructura de nuestro robot mediante una serie de orificios que se encuentran en los laterales y en la parte inferior del mismo, los



Figura 3.7: Bloques de entrada/salida del NXT.

cuales nos permite realizar una unión compacta entre la estructura del robot y el bloque NXT [9] [10] [11].

Como se ilustra en la figura 3.7, en el NXT encontramos un total de 8 conectores muy parecidos a los que se usan en los teléfonos o conexiones de red de datos. En este caso, los conectores tienen seis conexiones cada uno, que nos permiten conectar 3 servomotores, 4 sensores y un enlace por USB para controlar y descargar programas. Adicionalmente, esta función se puede realizar mediante una conexión inalámbrica de tipo "Bluetooth".

Los sensores pueden ser analógicos o digitales. En la figura 3.8 se muestra la distribución de los terminales de los puertos del NXT. El pin de entrada 1 está directamente conectado a un convertor AD de 10 bits. A efectos de mantener la compatibilidad, el uso de estos terminales es idéntico a los de los sistemas anteriores, donde existía un suministro de tensión durante un tiempo de 3 ms seguido de un intervalo de lectura de 0,1ms

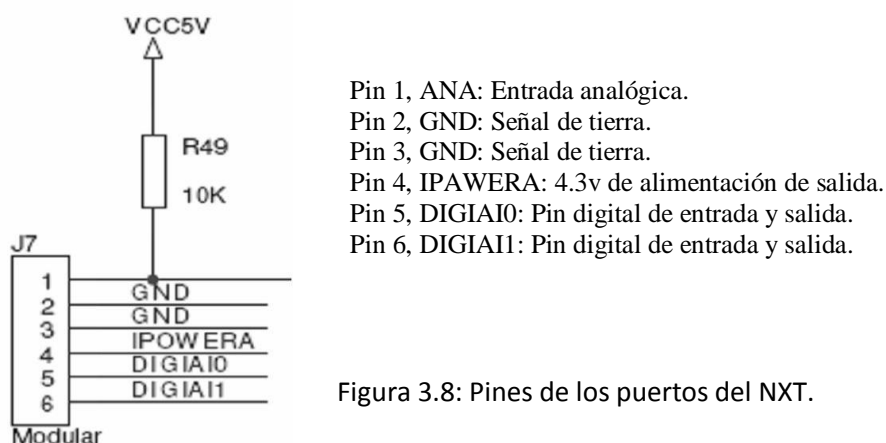


Figura 3.8: Pines de los puertos del NXT.

Los pines 5 y 6 son responsables de la comunicación digital. El protocolo establecido para la interfaz digital es el I²C de Philips Semiconductors. La posibilidad de interactuar con sensores digitales ofrece varias ventajas frente a los sensores analógicos:

- Los dispositivos pueden direccionarse.
- Varios sensores pueden compartir un mismo puerto sin necesidad de multiplexado.
- Se puede acceder a registros individuales de los dispositivos con lo que es posible el control refinado de parámetros tales como calibración, retardos, etc.
- Los sensores pueden tener tanta inteligencia como sea necesaria, a modo de entregar lecturas autónomas que no requieran el uso del procesador central del NXT.

Observar que los puertos equipados con el protocolo I²C permiten el control no solamente de sensores sino también de actuadores. Existen dispositivos comerciales que permiten la conexión de hasta 7 motores o 7 sensores en un mismo puerto.

Actualmente el único dispositivo digital fabricado por LEGO es el medidor de distancia por ultrasonido. Sin embargo, existe una amplia gama de sensores de terceros que hacen uso de la tecnología digital, como por ejemplo el compás magnético CMPS03 de HiTechnic, o el medidor de distancia óptico DISTNX de Mindsensors.

Finalmente, el sistema NXT descarta el uso de los conectores tipo ladrillo LEGO en favor de la variante con conectores RJ12. Existen adaptadores para interconectar ambos sistemas.

En lo que respecta al I²C, este es un protocolo que provee comunicación serie y sincrónica. Aunque admite velocidades de hasta 3.4MHz, el estándar de LEGO fija la transmisión en 9600 bit/seg.

Hace uso de únicamente dos líneas y una tierra común:

- SCL (System Clock) línea de pulsos de reloj para sincronismo.
- SDA (System Data) línea por la que circulan los datos entre los dispositivos.

En reposo ambas líneas deben polarizarse en estado alto mediante resistencias (pull up).

Se distingue entre dispositivos maestros y esclavos. Si bien el protocolo admite configuraciones con varios maestros, en el entorno de la aplicación LEGO se prevé que únicamente el controlador NXT sea el dispositivo maestro.

Con ambas líneas en reposo, el maestro inicia la acción solicitando la atención de uno de los dispositivos emitiendo su dirección única de 7 bits ($2^7=128$ posiciones), más un octavo bit que indica la acción que pretende el maestro, ya sea leer o escribir sobre el esclavo.

Los datos se transfieren en secuencias de 8 bits. Por cada bloque de 8 bits correctamente recibidos el dispositivo receptor emite un bit de reconocimiento (ACK)

SENSOR DE CHOQUE.

En la figura 3.9 vemos el aspecto del sensor de tacto/choque, el cual le proporciona al robot el “sentido del tacto”, tanto cuando se presiona como cuando se libera.

Funciona como pulsador 0/1, o “no pulsado”/”pulsado”. Su posición por defecto es la de abierto = 0 (no pulsado). El mecanismo se comporta de manera que al tocar el pulsador, la cabeza externa se contrae, permitiendo que el pequeño circuito eléctrico interno se cierre, provocándose una variación



Figura 3.9: Sensor de choque del NXT.

de tensión continua de 0 a 5 voltios. También puede ser utilizado para ciclos completos de presionar y soltar. Las aplicaciones más habituales son:

- Detector de obstáculos, de manera que si el bloque NXT al que está conectado ha colisionado con algún obstáculo en su trayectoria, podemos interpretar esa colisión con un algoritmo que detecte la variación de tensión a la salida del pulsador.
- Contador de pulsos, implementando un algoritmo que cuente el número de veces que se ha pulsado este sensor. También se puede optar por contar el tiempo que el pulsador ha estado apretado y actuar en consecuencia.

SENSOR DE SONIDO.

En la figura 3.10 se ilustra el sensor de sonido, con el que el robot tiene la facultad de “escuchar”. El sensor de sonido puede detectar tanto decibelios (dB), como decibelios ajustados (dBA).



Figura 3.10: Sensor de sonido del NXT.

El Decibelio es una medida de la presión de sonora. Básicamente podemos resumir estas unidades de la siguiente manera:

- dBA: La sensibilidad del sensor es ajustada al oído humano.
- dB: La sensibilidad del sensor, no está ajustada y puede “escuchar” sonidos por debajo o por encima de la capacidad del oído humano

El sensor puede medir sonidos de hasta de 90 dB. La lectura del sonido se visualiza en porcentajes de acuerdo con la tabla 3.3.

Porcentaje	Descripción
4%-5%	Habitación en silencio
5%-10%	Personas hablando lejos
10%-30%	Conversación normal
30%-100%	Personas gritando y música a alto volumen

Tabla 3.3: Resultados en % en interpretación de la lectura del sensor de sonido.

Como ejemplos de aplicación tenemos:

- Robot que huye del sonido o que se acerca al sonido.
- Robot que actúa según el nivel sonoro captado: baila si el sonido es alto, duerme si es bajo, etc.

SENSOR DE LUZ.

En la figura 3.11 se observa el sensor de luz, que le proporciona al robot el sentido de la “visión”. Se trata de un sensor monocromático, es decir, puede distinguir entre el blanco y el negro pasando por una gama de grises (figura 3.12). La lectura la entrega en porcentajes.



Figura 3.11: Sensor de luz del NXT.

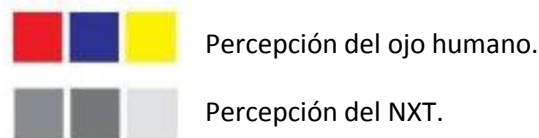


Figura 3.12: Percepción de colores del NXT.

Las aplicaciones más habituales son:

- Implementación de un robot seguidor de líneas, donde el robot sigue una línea negra en claro contraste con, por ejemplo, un fondo blanco.
- Lámpara auto-activada, donde se puede utilizar este sensor para implementar un automatismo que conecte una lámpara cuando la luminosidad caiga por debajo de un valor umbral.

SENSOR ULTRASÓNICO

En la figura 3.13 vemos el sensor ultrasónico, con el que el robot tiene un cierto “sentido de visión”.



Figura 3.13: Sensor ultrasónico del NXT.

El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar, para luego calcular la distancia a la cual se encuentra el objeto u obstáculo. Es el mismo principio utilizado por los murciélagos y el sonar de las naves. Tiene un rango de 0 a 255 cm con una precisión de +/- 3 cm.

Ejemplos de aplicación:

- Medidor de distancias por ultrasonidos.
- Vehículo provisto de un sensor ultrasónico que detecta y evita los obstáculos de un recinto, o que busca una salida de un recinto evitando los obstáculos que encuentra en su camino.

En la figura 3.14 que tenemos a continuación podemos ver otros sensores compatibles con el NXT.



Figura 3.14: Otros sensores compatibles con el NXT.

1.2 SERVOMOTORES DEL NXT.

Todos los motores LEGO son de corriente continua e imán permanente. Las variaciones vienen por el lado de la potencia disponible y la transmisión [8].

El par motor y la velocidad de rotación de cada motor están determinados por la existencia y el tipo de engranajes reductores que contenga, además de su potencia nominal.

El sistema NXT dispone de un gran número de accesorios para una mayor versatilidad y aprovechamiento de estos motores. Entre otras piezas se tienen trenes de engranajes, juntas cardan, diferenciales, poleas, cremalleras, etc. Con todo esto puede dotar a los sistemas con características especiales como por ejemplo, bloquear totalmente el motor en ausencia de tensión usando una combinación de piñón y tornillo sin fin.

Normalmente, el control de estos motores se hace mediante la técnica de modulación de ancho de pulso (PWM) Algunos motores cuentan con protección interna contra sobrecargas (termistores) y también contra sobretensiones. Esto implica que no siempre es posible sostener velocidades máximas durante un tiempo indefinido. En la figura 3.15 se ilustran los servomotores del NXT.



Figura 3.15: Servomotores del NXT.

Gracias al tren de engranajes, la relación de transmisión es de 1:48. Alcanzan un máximo de 170 rpm sin carga. Estos servomotores son mucho más potentes que los motores del modelo anterior, aunque también son más voluminosos y con una velocidad de rotación del eje del orden de la mitad (170 rpm frente a las 340 rpm de la versión precedente).

Poseen un termistor incorporado que lo protege de sobrecargas.

Otra característica es su sensor de giro, con una precisión de ± 1 grado. Mediante software podemos controlar la potencia de giro, el sentido de giro, el tiempo de giro, ángulo de giro y número de vueltas. Este motor se puede montar en un eje y utilizarlo como sensor de rotación.

Para el movimiento de un modelo motorizado el firmware (el sistema operativo interno del NXT), dispone de un sofisticado algoritmo PID, el cual nos permite que nuestro modelo se desplace con precisión.

En la tabla 3.4 que tenemos a continuación, podemos ver las características más significativas de los motores del NXT.

MOTOR	NXT
PESO (gr)	80
VELOCIDAD LIBRE (rpm)	170
CONSUMO LIBRE (mA)	60
PAR MOTOR (N/cm)	50
CONSUMO FRENADO (mA)	2000

Tabla 3.4: Características de los motores del NXT.

A continuación, en la figura 3.16, vemos el conexionado tanto de los motores como de los sensores al bloque NXT.

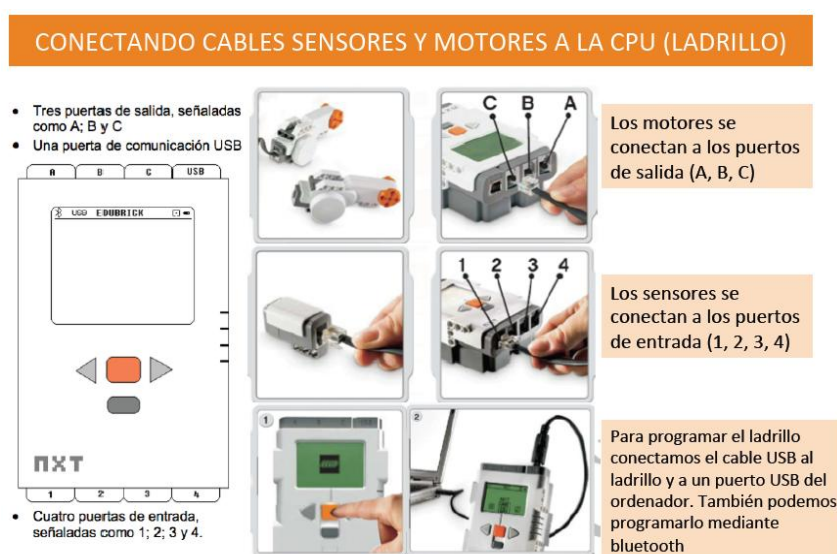


Figura 3.16: Conexionado de los sensores y motores al NXT.

En la actualidad, el kit de desarrollo Lego Mindstorms NXT es considerado una potente herramienta de aprendizaje. Diversas universidades de prestigio de todo mundo han adaptado este kit para la enseñanza en sus clases, así como para proyectos de investigación sobre aplicaciones concretas. Tal es el caso del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), la Universidad Carnegie Mellon (CMU), la Universidad de British Columbia (UBC), y el Instituto Tecnológico Federal de Zúrich (ETH); por mencionar algunas universidades de prestigio.