

IMPLEMENTACIÓN EN HARDWARE DE UN ANALIZADOR PARA UN CANAL DE COMUNICACIONES BINARIO SIMETRICO (BSC) (JUL 2010)

Torres H. Sergio Alejandro. Código: 052055

Resumen— El proceso para el desarrollo de este proyecto tuvo su punto de partida en el análisis de un canal binario simétrico y de las características principales del mismo. Por ende, se realizó un proceso de análisis matemático en el que se estudiaron algunas variables que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el proceso de transmisión. Una vez se cumplió esta primera etapa la idea era desarrollar o utilizar un método que permitiera generar una señal estocástica con comportamiento Gaussiano que simulara de alguna forma el proceso de transmisión de datos en un canal de comunicaciones binario, en el que la presencia de ruido y elementos indeseables se hace inevitable.

Una vez se logró este cometido, se inicio un proceso de implementación del canal Binario Simétrico el cual representa el punto de referencia para el análisis principal de este proyecto. El proceso de transmisión se basó principalmente en la generación de una cadena de bits aleatoria desde el PC, la cual se sacó vía puerto serial realizando un proceso de adecuación en un microcontrolador. Este proceso permitió obtener datos libres de bits redundantes y facilitó el proceso de suma de ruido y recuperación de información. La suma del ruido se basó principalmente en la extracción de la señal estocástica del PC por medio de la tarjeta de audio. Teniendo en cuenta que los datos fueron contaminados del ruido de comportamiento Gaussiano, los datos son llevados a un analizador que es el que los compara con un valor referencia y los muestra para poder verificar el resultado final de proceso. Esta verificación incluyó un envío de los datos inicialmente extraídos, en donde se realizó un análisis de algunas variables importantes que como la capacidad de canal, información mutua y probabilidades a posteriori.

Teniendo en cuenta el desarrollo del proyecto, se puede afirmar que se trata de un proceso en el que la información es extraída del computador y una vez pasada por el canal y verificada en el analizador, se devuelve a la máquina para una caracterización de la información por medio de una interfaz grafica que sirva de centro de control.

Palabras claves— Canal, Baudio, Símbolo, Ruido Blanco Gaussiano, Entropía, Información mutua, Capacidad de canal, Probabilidad a priori, probabilidad a posteriori.

I. INTRODUCTION

En el siguiente trabajo lo que se pretende realizar es a grandes rasgos la implementación de un proceso de envío de información a través de un modelo de canal binario simétrico BSC en el que de una manera fácil se pueda analizar ciertas variables correspondientes al proceso como tal, identificando las características típicas de un dato que viaja a través de un canal. Teniendo en cuenta esto, será pertinente identificar la naturaleza y comportamiento de aquellas variables y elementos que afectarán la información a la hora de ser enviada a través del canal. Esto tiene que incluir un análisis probabilístico de la señal estocástica en el que se verifique su comportamiento y se valide, con el fin de hacer el proceso lo más verás posible.

Es importante tener en cuenta que siempre que se habla de ruido en un canal de comunicaciones se hace referencia a la integridad de la información como tal. Ante ello se analizará la información enviada y recibida y se determinará el control del procedimiento realizado. En sí, éste proyecto maneja tres fases fundamentales en las cuales se verificará la eficacia de las mismas con un orden estricto para que el proceso sea 100% corroborado.

II. MARCO REFERENCIAL

A. Teorema de limite central

“El Teorema del límite central dice si una muestra es lo bastante grande (Esto considerando bastante grande como mínimo, $n > 30$), sea cual sea la distribución de probabilidad de la variable aleatoria de interés, la distribución de la media muestral será aproximadamente una normal o también llamada Gaussiana. Además, la media será la misma que la de dicha variable y la desviación típica de la media muestral será aproximadamente el error estándar” (Robira, 2008).

En la Fig 1, se puede apreciar con claridad un ejemplo de cómo la distribución binomial se aproxima a la Gaussiana, comprobando el Teorema del límite central.

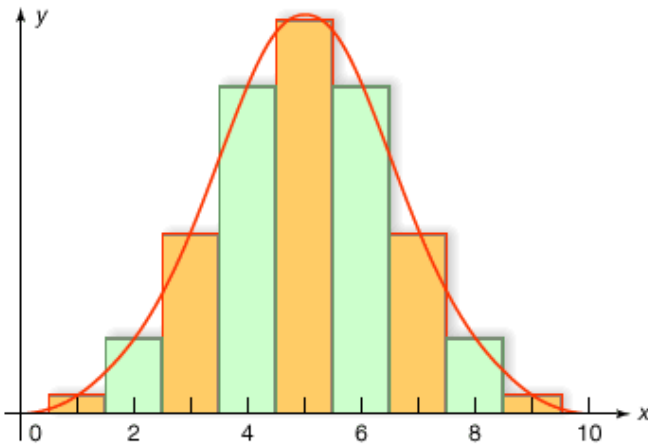


Fig 1. Aproximación de Distribución de probabilidad Binomial a Gaussiana

B. Canal de información BSC

Un canal de gran importancia para los análisis netamente teóricos de la teoría de la información, es BSC (**B**inary **S**ymmetric **C**hannel). Este canal, como el mostrado en la Fig 2 posee dos símbolos de entrada ($a_1 = 0$ y $a_2 = 1$) y dos símbolos de salida ($b_1 = 0$ y $b_2 = 1$). Se le nombra con el término simétrico, debido a que existe una probabilidad de que tenga lugar un error p , en donde la probabilidad de recibir un 0 al haber enviado un 1, es igual a la probabilidad de recibir un 1 habiéndose enviado un 0.

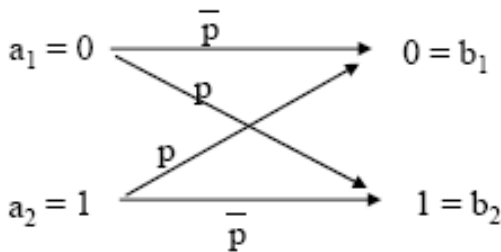


Fig 2. Canal binario simétrico (BSC)

C. Información mutua

Considerando nuevamente el modelo de canal usado en la Figura 3, con r entradas y s salidas, además tomando como referencia la entropía del alfabeto de entrada y todo lo referente a las probabilidades hacia adelante y las de entrada; se puede calcular las probabilidades hacia atrás $P(a_i/b_j)$, las probabilidades afines $P(a_i, b_j)$ y finalmente la equivocación que se calcula con la Ec1.

$$H(A/B) = \sum_{A,B} P(a,b) \log \frac{1}{P(a/b)}$$

Ec1. Equivocación de canal

“Con base en esto, se ha demostrado que la información mutua es el número medio de bits necesarios para determinar un símbolo a la entrada antes de conocer el símbolo de salida correspondiente, menos el número medio de bits necesarios para especificar un símbolo de entrada después de conocer el símbolo de salida” (Abramson, 1963). Esto se expresa en la Ec 2.

$$I(A; B) = H(A) - H(A/B)$$

Ec 1. Información mutua

D. Capacidad de canal

El valor mínimo de la información mutua puede lograrse simplemente al elegir un símbolo de entrada con probabilidad 1. El valor máximo de la información mutua es un poco más complicado de calcular. Se denomina C , **capacidad de canal** y se verifica con la Ec 3 en donde se ve que se calcula hallando el punto de inflexión de la Información mutua.

$$C = \max_{p(a_i)} I(A; B)$$

Ec 3. Capacidad de canal

III. PROCEDIMIENTO

Con el fin de realizar el análisis correspondiente al canal de información que hace parte del trabajo investigativo, es preciso realizar ciertos procedimientos matemáticos que servirán como base para el diseño del canal binario simétrico como tal.

A. Capacidad de un BSC

Para encontrar la capacidad de un canal binario simétrico se debe tener en cuenta los parámetros mostrados en la Fig 3.

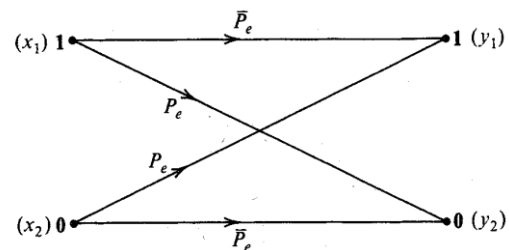


Fig 3. BSC (Diseño).

Se tiene una $P(x_1) = \alpha$ y $P(x_2) = \bar{\alpha} = 1 - \alpha$. Teniendo en cuenta esto se tienen las probabilidades a-priori como se ven en la Ec 4.

$$P(y_1 | x_2) = P(y_2 | x_1) = Pe$$

$$P(y_1 | x_1) = P(y_2 | x_2) = \bar{Pe} = 1 - Pe$$

Ec 4. Probabilidades a-priori (Diseño)

Se reemplaza las probabilidades de la Ec 4 y se obtiene la expresión de la Ec 5.

$$I(X;Y) = \sum_i \sum_j P(x_i)P(y_j | x_i) \log \frac{P(y_j | x_i)}{\sum_i P(x_i)P(y_j | x_i)}$$

Ec 5. Información mutua (Diseño)

Para el cálculo de la Capacidad de canal se debe tener en cuenta la Ec 6.

$$C_s = \max_{P(x_i)} I(x; y) = 1 - \Omega(Pe)$$

$$C_s = 1 - [Pe \log \frac{1}{Pe} + (1 - Pe) \log \left(\frac{1}{1 - Pe} \right)]$$

Ec 6. Capacidad de canal BSC (Diseño)

Si se quiere analizar la Cs con respecto a la probabilidad de error, se puede ver a partir de la Fig 4.

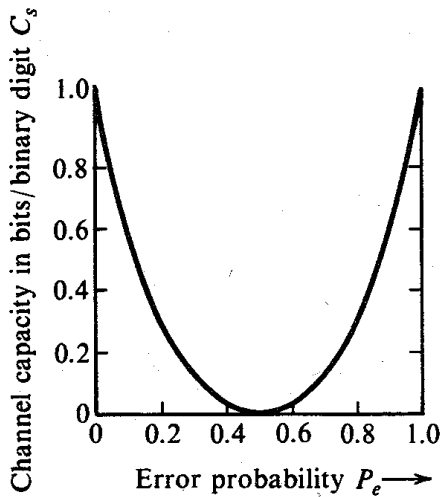


Fig 4. Capacidad de un BSC con respecto a su Pe (Diseño)

B. GENERACION DEL RUIDO GAUSSIANO (AWGN)

Se genera desde Matlab un tren de bits aleatorio para alimentar el registro MLSRS, mostrado en la Fig 5, el cual genera la señal aleatoria con comportamiento Gaussiano.

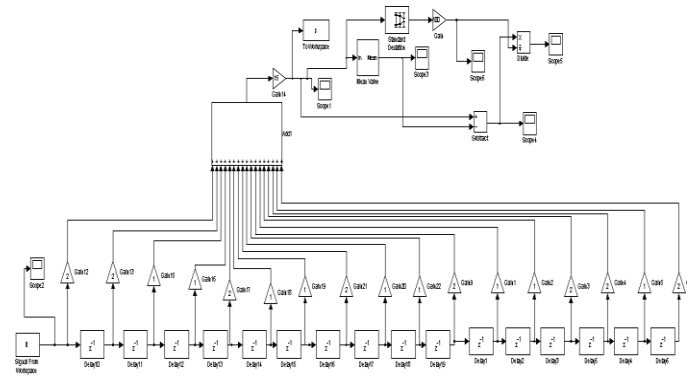


Fig 5. Modelo en bloques del registro MLSRS (SIMULINK)

El funcionamiento de este registro consiste en la generación de un tren de bits aleatorio que alimenta a una serie de registros que a su vez, producen números aleatorios a su salida. Estos números a su vez son direccionados a un sumador para obtener una señal aleatoria con unas características específicas como las mostradas en la Fig 6.

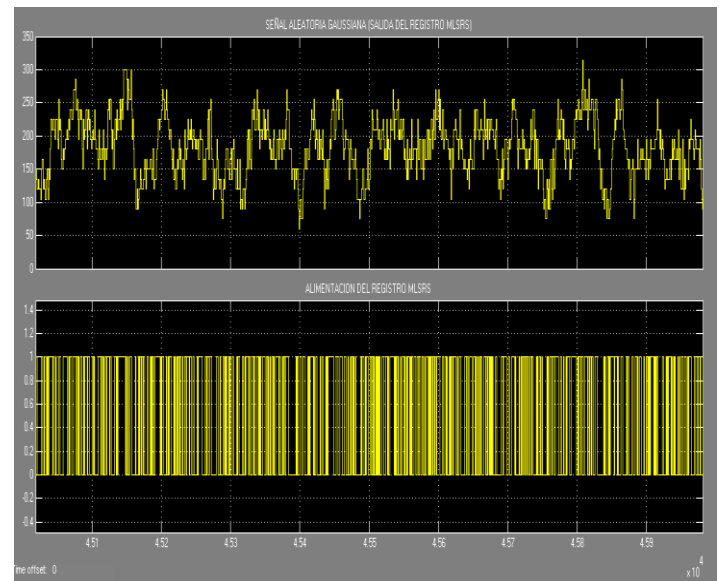


Fig 62. Salida del registro con respecto a la señal que alimenta el sistema

Posteriormente se debe hacer un análisis de la señal obtenida y a su vez realizar un análisis probabilístico como el de la Fig 7, de modo que se corrobore si tiene comportamiento Gaussiano.

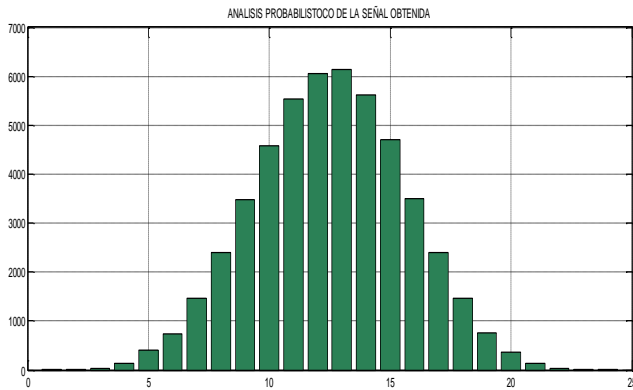


Fig 7. Análisis probabilístico del vector de información aleatorio

C. PROCESO DE NORMALIZACIÓN

Teniendo en cuenta que la señal obtenida toma valores entre 0 y 350, es necesario en primera instancia quitarle la media de los datos para obtener la señal con media en 0. Y finalmente como se desea conseguir valores entre -1 y 1, lo que se hace es dividir la señal entre n veces la desviación estándar de los datos.

En la Fig 8 se muestra el resumen del proceso de normalización y en la Fig 9 se representa en bloques de Simulink.

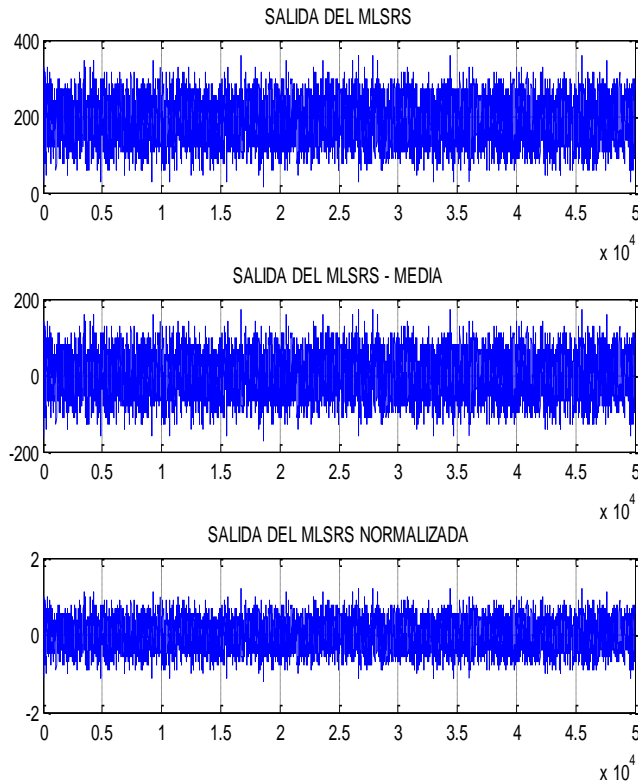


Fig 8. Proceso de adecuación de la señal (Matlab)

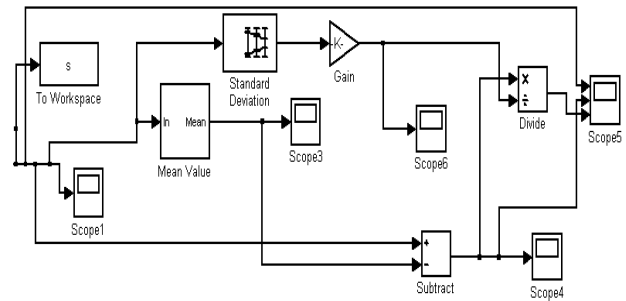


Fig 9. Proceso de normalización (simulink)

D. Conexión Puerto RS-232 y microcontrolador

Para comunicarse con el microcontrolador se puede utilizar solo tres pines del puerto serie RS-232. Estas son:

- Pin de transmisión (TxD).
- Pin de recepción (RxD).
- Pin de masa (SG).

Lo primero que se debe realizar es que los niveles lógicos TTL que salen del microcontrolador no son compatibles con los niveles lógicos RS-232 del puerto serie del ordenador, razón por la cual se debe introducir en el circuito una interface que traduzca los datos del microcontrolador al puerto y viceversa. Este chip puente puede ser el MAX232 o alguno similar como el mostrado en la Fig 10.

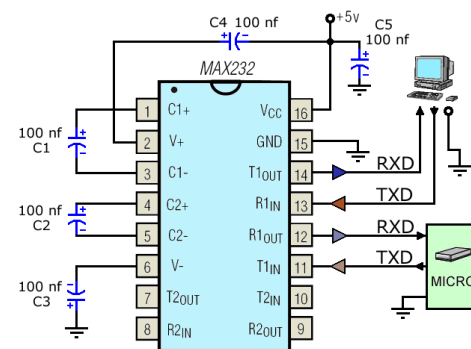


Fig 10. Conexión Típica del MAX-232

El esquema de la Fig 10 muestra como se utiliza un par de drivers de los 4 disponibles. La línea de TxD (pin 3 del conector DB-9) del puerto serie RS-232 transmite información con niveles RS-232, por tanto se conecta al pin R1in del MAX-232, mostrado en la figura 34, para convertir estos niveles a TTL y transmitírselos al Microcontrolador a través del pin R1out. Del mismo modo la información que envía el microcontrolador con los niveles TTL entra en la línea T1in del MAX-232 para convertirla en niveles RS-232 y pueda ser recibida por el puerto serie RS-232 a través de su línea RxD, pin 2 del conector DB-9.

Una parte fundamental del proceso es el análisis mediante una interfaz gráfica hecha con la herramienta Matlab en donde se

verifica todo el proceso y se realiza la parte final de análisis de variables fundamentales para el entendimiento a un 100%. Una vista preliminar de la interfaz gráfica es mostrada en la Fig 11

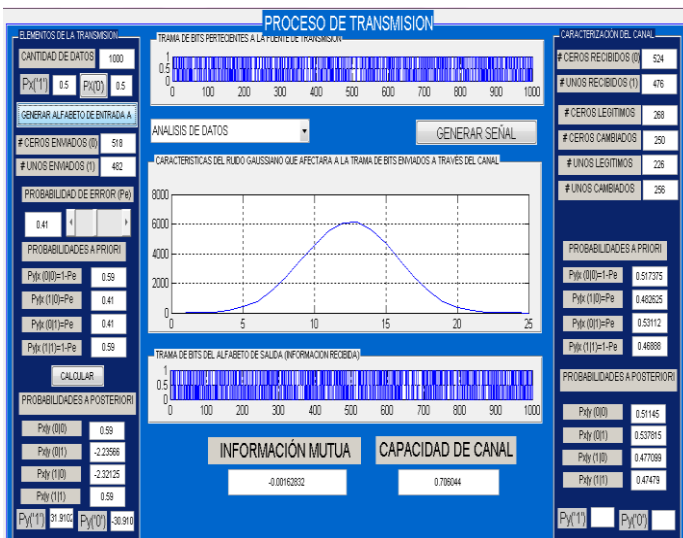


Fig 11. Interfaz Final

E. Recomendaciones

- Si se quiere extraer una señal aleatoria trabajable de un computador, una opción es la tarjeta de audio, que permite manejar la señal estocástica como un archivo .wav.
- Para traducir la información extraída por el puerto serial, es necesario la utilización de un max232 para traducir los valores RS232 a niveles TTL.
- Debido a que los datos que salen del PC vienen con bits redundantes (Parity, stop, start), es adecuada la utilización de un microcontrolador para poder trabajarlos netamente como información original.

IV. CONCLUSIONES

- Si una muestra está por encima de 30, sea cual sea la distribución de probabilidad de la variable aleatoria de interés, la distribución de la media muestral será aproximadamente una *Gaussiana*.
- El proceso de transmisión en un canal de comunicaciones debe ser simulado o implementado bajo un proceso en el que se verifique las señales indeseables que puedan afectar de alguna forma la información.
- Para interés de la efectividad del proceso de transmisión de información por el canal BSC, la amplitud de la señal

estocástica Gaussiana adecuada como archivo wav regula la integridad de la información.

- En un proceso de generación de variables aleatorias en el que se requiera obtener una señal analógica trabajable (Como archivo de audio para este caso), se debe normalizar en primera instancia la señal que se quiere trabajar, con el fin de adecuarla a un formato reconocible por la tarjeta de audio.
- Para la obtención de las probabilidades a priori es preciso identificar los elementos estocásticos y determinísticos para saber con qué universo se va a obtener dichas probabilidades y de igual manera para la obtención de las probabilidades a posteriori.
- La información mutua está fuertemente relacionada con el vector de entrada y el de salida ya que por medio de los ya mencionados, es posible identificar la cantidad de información obtuve teniendo presente la que se envía a través del canal.
- Así mismo la información media recibida por un canal ha de ser siempre positiva que concuerda con una de las probabilidades de la información mutua.
- Si se quiere conocer la capacidad de canal basta con saber el máximo de la información mutua y de esta manera hayar el punto de inflexión, por ello al derivar la información mutua y hacerla cero se puede obtener este punto.

REFERENCIAS

- [1] Abramson, N. (1963). Information theory and coding. New York. McGraw-Hill.
- [2] Abramson, N. (1981). Teoría de la información y Codificación. (5ª.ed.).Madrid. Paraninfo.
- [3] Gallager, R. (1968). Information theory and reliable communication. United States of America. John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Gray, R (2008). Entropy and Information Theory. New York. Springer Verlag.
- [5] Haykin, S. (2001). Communication Systems, (4ª.ed.). New York. John Wiley & sons, Inc.
- [6] Lathi, B. (1998). Modern Digital and Analog communications systems. (3a.ed.) New York. Oxford University Press.
- [7] Proakis, J. Digital Communication, (4a. ed.).McGraw-Hill
- [8] Rovira, C. (2008). Teorema del límite central. Universidad Oberta de Catalunya, España.
- [9] (ENCY, 2003) Probability theory. (2009) .Encyclopedia Britannica. (Navegado Septiembre 12, 2009), from Encyclopedia Britannica Online: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/477530/probability-theory>.
- [10] Palacios, E. (2006). Microcontrolador PIC16f84 - Desarrollo de proyectos. (2ª.ed.). Madrid. Alfaomega Ra-Ma.
- [11] Infante, A (2005). Implementacion mejorada de ruido gaussiano complejo para simulación en comunicaciones. Santiago de Cuba.

Torres H. Sergio Alejandro (07/01/1987) Inicié mis estudios de secundaria en el año de 1998 en la Fundación Colegio Mayor de san Bartolomé en el que tuve un rendimiento satisfactorio en cada uno de los grados y asignaturas

cursadas. Habiéndome graduado con todos los honores, realice un pre-universitario en el instituto Atys en donde se reforzaron algunos conceptos pensando única y exclusivamente en el paso a seguir que era el ingreso a la Educación Superior. Después de 6 años en el colegio y un año mas en el preuniversitario, finalmente ingrese a la Fundación Universitaria San Martín en la que realice mis estudios como profesional en Ingeniería Electrónica y de telecomunicaciones. En esta institución durante cinco años de carrera me desempeñé de manera satisfactoria en todos los campos de la profesión y me destaque por ser un estudiante responsable y trabajador.

Una vez llegado el último semestre en el que se pretendía cerrar la carrera con el trabajo de grado, tuve mi primera experiencia laboral en una multinacional de tecnología informática llamada Getronics. Habiendo terminado mis estudios universitarios de una manera satisfactoria, la idea es continuar en esta empresa con el fin de hacer carrera y poder llegar a hacer un Profesional y empresario de éxito.

Personalmente desde niño siempre he simpatizado con el deporte y es de mi preferencia más que todo el Fútbol y el Tenis. En los ratos libres lo practico y me gusta escuchar buena música sobre todo la electrónica.