



## Objetivos

Esta experiencia tiene como objetivo ahondar en los conceptos de modulación analógica y digital, para la transmisión de señales por un canal de comunicación y por sobre todo la importancia de éstas en el ámbito de las telecomunicaciones.

## Introducción

La modulación es un conjunto de técnicas que se utilizan para transportar información mediante una onda portadora. Así entonces la modulación es el proceso o lo que resulta del proceso, de variar una o más características de una onda portadora de acuerdo a una señal que transporta información. El propósito de este proceso es sobreponer señales en las ondas portadoras.

Luego en la modulación AM, una métrica para describir la cantidad de cambio de amplitud es el coeficiente de modulación. Más específicamente el porcentaje de modulación, entrega el cambio de porcentaje en la amplitud de la onda de salida cuando está actuando sobre la portadora por una señal modulante. Matemáticamente se tiene:

$$m = \frac{E_m}{E_c} \quad (1)$$

Donde,  $m$  = coeficiente de modulación (sin unidad)

$E_m$  = Cambio peak en la amplitud del voltaje de la forma de onda de salida (en volts)

$E_c$  = Amplitud peak del voltaje de la portadora no modulada (en volts)

Por lo tanto:

$$M = \frac{(V_{max} - V_{min})}{(V_{max} + V_{min})} * 100 \quad (2)$$

En donde,  $M$  = es el porcentaje de modulación.

La sobremodulación es cuando el índice de modulación es mayor que 1.

## Instrucciones

El trabajo grupos de 3 personas, la fecha de entrega el día 23 de junio de 2016 a las 23:59hrs. La entrega consta de un informe en formato PDF y el código fuente.

La entrega debe ser a través del link publicado en el curso de la plataforma Moodle [www.udesantiagoovirtual.cl](http://www.udesantiagoovirtual.cl) antes del plazo estipulado, solo una entrega por grupo. No se permiten entregas fuera de plazo. La entrega debe ser un archivo comprimido, donde el nombre del archivo debe ser el RUN de uno de los integrantes (Ej:12333444k.zip)

Cualquier copia detectada entre los trabajos será calificada con nota mínima y será causal de reprobación del laboratorio.



## Herramientas

Todo debe ser realizado en el lenguaje de programación Python u Octave.

## Experiencia (40%)

En clases se estudió la transmisión de información análoga por un canal de comunicaciones físico, y para un correcto aprovechamiento de éste, existen procesos denominados **modulación**, la que puede ser AM/FM en su forma análoga, y en su forma digital pueden ser ASK, FSK, PSK, QPSK o QAM, entre otras. Tomando como base lo estudiado en clases realizar:

### Parte 1:

1. Utilice la señal "handel.wav" publicada en [www.udesantiagovirtual.cl](http://www.udesantiagovirtual.cl)
2. Aplique una modulación AM y una modulación FM al 15%, 100% y 125% (porcentaje de modulación). Un gráfico por cada modulación ayudará a exponer los resultados obtenidos.
3. Grafique el espectro de frecuencias de la señal original y modulada. Determine el ancho de banda usada por la señal modulada.
4. Implemente un demodulador para AM o FM y compare los resultados.
5. Responda:
  - ¿Cuáles son los principales usos para la modulación AM? ¿Por qué?
  - ¿Cuáles son los principales usos para la modulación FM? ¿Por qué?
  - ¿Cuáles son los problemas de una sobremodulación? Apóyese gráficamente para argumentar.
  - ¿Por qué no modular siempre en un 100%?

### Parte 2:

Luego para la misma señal ("handel.wav"):

1. Aplique una modulación digital. El tipo de modulación se deja a su criterio. Puede limitar el largo de la señal en torno a  $10^5$  bits. Puede ser conveniente utilizar una representación vectorial de las señales moduladas.
2. Implemente el demodulador correspondiente y compare los resultados.
3. Simular un canal AWGN para al menos 5 niveles de SNR entre -2 y 10dB.
4. Demodule la señal ruidosa y mida la tasa de errores cometida. Compruebe los resultados gráficamente.
5. Responda
  - ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la modulación digital?
  - ¿Cuáles son los principales usos para la modulación digital?
  - ¿Cuáles son los principales problemas de la modulación digital?

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**REDES DE COMPUTADORES**  
**LABORATORIO 4: MODULACIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL**



### **Informe (60%)**

Debe entregar un reporte, que siga el método científico, donde se recopilen y analicen todos los resultados obtenidos. Se sugiere la siguiente estructura:

- Introducción: contexto del problema, objetivos, motivación y composición del informe
- Marco teórico: explicaciones básicas sobre todos los temas y tópicos tratados en la actividad (Todo debe estar explicado acá, se descontará por cada tópico faltante).
- Desarrollo y resultados: explicación del trabajo realizado, exponiendo la señal creada originalmente, todas las modulaciones realizadas y todos los resultados obtenidos. Incluir algoritmos y/o códigos (extractos, resumen), diagramas, imágenes y tablas.
- Análisis de resultados: un análisis profundo de los resultados obtenidos y el por qué, responda las preguntas antes mencionadas de forma clara y bien fundamentadas.
- Conclusiones: sobre los resultados obtenidos, la razón de haber obtenido éstos.
- Referencias: fuentes de información, deben estar citadas en el cuerpo del informe y en formato APA-6.
- Anexos: información detallada referenciada en el cuerpo del informe como códigos, tablas completas, series de imágenes, etc.
- Anexo 2 - Manual de uso: forma de ejecución del programa, explicación de funcionalidades y posibles errores. Todo con los formatos correspondientes formales.

Se evaluará:

- Manejo de los contenidos.
- Formato y redacción (Se sugiere formato de tesis del DIINF).
- Explicaciones y análisis.
- Calidad del trabajo realizado.
- Calidad conclusiones.

### **Notas**

1. Se debe adjuntar el código fuente con el que trabaja y realizó las pruebas. Se evaluará el orden del código, la documentación y buenas prácticas al programar.
2. Dudas y consultas por correo electrónico:
  - a. Ayudante de laboratorio: [maximiliano.perez@usach.cl](mailto:maximiliano.perez@usach.cl)
  - b. Ayudante de laboratorio: [kevin.canales@usach.cl](mailto:kevin.canales@usach.cl)
  - c. Ayudante Cátedra: [pablo.reyesd@usach.cl](mailto:pablo.reyesd@usach.cl)
  - d. Profesor: [carlos.gonzalez.c@usach.cl](mailto:carlos.gonzalez.c@usach.cl)
3. Sea conciso y ordenado para entregar la información.
4. Gestione bien su tiempo