

Predicción de la Calidad de Imágenes Comprimidas

*Hugo D. Ramon*¹
*Claudia Russo*¹
*Armando De Giusti*²
{hramon,crusso,degiusti}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

La compresión de una imagen digital puede facilitar su transmisión, almacenamiento y procesamiento. Se puede lograr una compresión considerable sólo mediante algoritmos con pérdida, los que no permiten la recuperación exacta de la imagen original.

La pregunta que debe plantearse es: ¿Cómo se decide si una imagen procesada digitalmente es lo suficientemente buena para una aplicación específica?

En este trabajo se desarrollan mediciones objetivas de la distorsión de una imagen comprimida con pérdida, utilizando el esquema JPEG, con el propósito de ver qué medidas objetivas pueden ajustarse para predecir la calidad subjetiva percibida.

El aporte de este trabajo es el análisis experimental de la relación entre calidad e índice de compresión en imágenes digitalizadas a través del estudio estadístico de una evaluación subjetiva.

Palabras Claves

Procesamiento de Imágenes, Compresión, JPEG, ANOVA, Calidad subjetiva, Métricas Objetivas

¹ Profesor Adjunto Dedicación Exclusiva. LIDI, Facultad de Informática, UNLP

² Profesor Titular Dedicación Exclusiva. Director LIDI, Facultad de Informática, UNLP

Introducción

La compresión de una imagen digital puede facilitar su procesamiento, almacenamiento y transmisión. A medida que los Departamentos de las grandes Organizaciones se vuelven cada vez más digitales y distribuidos, la cantidad de datos multimediales (en particular imágenes) que tienen, obligan a considerar su compresión para su almacenamiento y transmisión.

El objetivo general de la compresión es representar una imagen con la menor cantidad posible de bits con la menor pérdida de calidad posible, acelerando así la transmisión y minimizando los requerimientos de almacenamiento. De manera alternativa, el objetivo es lograr la mejor fidelidad posible para una capacidad de almacenamiento disponible limitada.

En el campo de las comunicaciones se ha destinado mucho trabajo a la codificación de imágenes digitales. La experiencia ha mostrado que cada esquema de codificación está sujeto a su propio y único conjunto de causas de pérdida que a menudo son difíciles de caracterizar [Gonzales 1996] [Cosman 1994] [Marmolin 1986]. Se puede lograr una compresión considerable sólo mediante algoritmos con pérdida, los que no permiten la recuperación exacta de la imagen original.

Es preciso contar con mediciones precisas de las pérdidas subjetivas que puedan usarse para predecir la calidad de una imagen [Algazi 1992]. Las imágenes en este trabajo han sido comprimidas utilizando JPEG estándar [Wallace 1991] [Russo 1998].

Experiencia Desarrollada

Se selecciono un conjunto de imágenes a las cuales se les aplico estandar JPEG. Sobre estas imágenes se hicieron calculos objetivos, como relación señal-ruido, error cuadrático medio. Se selecciono dos grupos de sujetos evaluadores, uno experto en el tratamiento de imágenes, con trabajos y publicaciones relacionadas al tema y otro inexpertos, sin experiencia previa al trabajo de imágenes. Las imágenes se clasificaron de acuerdo a [Ramón 2001].

- 1- Deterioro muy molesto.
- 2- Deterioro Molesto.
- 3- Poco molesto.
- 4- Perceptible pero no molesto.
- 5- Imperceptible.

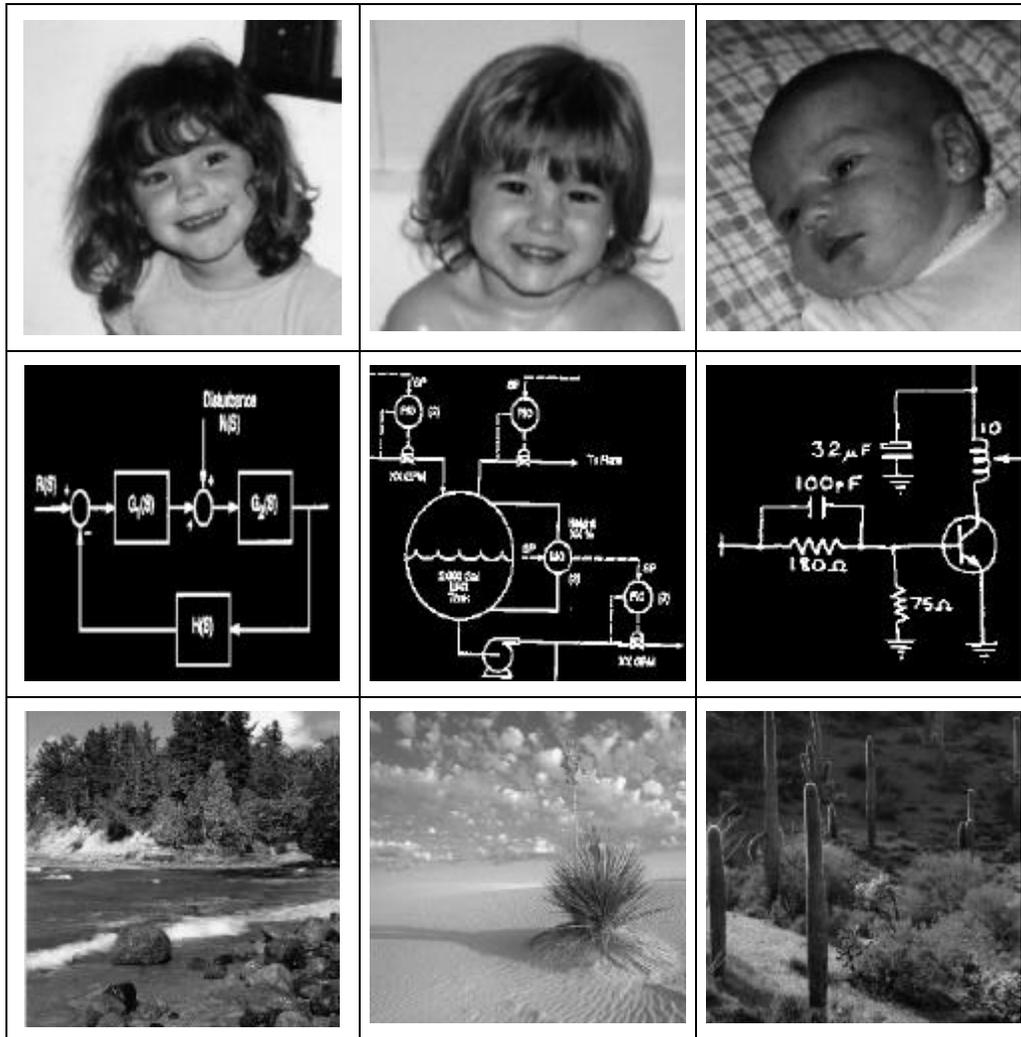
Con esta información se trato de correlacionar con los promedios obtenidos de la evaluación subjetiva para poder predecir calidad subjetiva a partir de alguna medida objetiva. Es importante tratar de determinar si esta predicción cambia entre los expertos e inexpertos o entre los diferentes tipos de imágenes.

Imágenes utilizadas para la experiencia

Las clases de estas imágenes corresponden a dominios distintos, los cuales son independientes entre sí. Esto indica que no hay aspectos comunes mientras se realiza la experiencia.

La primer clase corresponde a caras. Son imágenes de caras sobre diferentes fondos. En general son imágenes con mucha luminosidad y detalles propios de los perfiles humanos. Los

diferentes fondos se requieren para ejercitar el algoritmo de codificación. La segunda clase corresponde a fórmulas del tipo de circuitos electrónicos y diagramas de experimentos físicos, en donde hay un fondo oscuro y los diagramas esta hechos en blanco. Básicamente son imágenes en blanco y negro en donde los algoritmos de compresión con pérdida muestra sus aspectos negativos relacionados a la codificación, cuando aumentamos el radio de compresión. La última clase son imágenes de paisajes, con mucho detalle y luminosidad. Se percibe claramente las diferentes texturas en dos bandas (arbustos-roca, agua bosque, cielo-arena).



Resultados Subjetivos

Se realizó la evaluación estadística de los promedios de la variable de salida de interés llamada *calidad de imagen*, evaluado sobre el total de sujetos (expertos e inexpertos). La utilización del promedio fue seleccionada a los fines de normalizar la variable de respuesta y así poder utilizar, respetando los presupuestos involucrados, análisis de varianza mediante un modelo lineal [Montgomery 1991].

El ANOVA es una prueba de comparación entre grupos pero no es a través de la media y su desviación estándar, sino a través de comparar la variabilidad existente en cada variable exploratoria (variable de entrada) con respecto a la variabilidad del error. De este modo si la variabilidad de una variable de exploración es consistentemente mayor que la del error, se puede concluir que esa variable tiene efectos significativos en la o las variables de respuesta.

Básicamente el análisis de Varianza, se utiliza para corroborar si la significación de diferencias entre medias de dos o más grupos, son o no debidas al azar. La cifra estadística obtenida con el ANOVA es la razón F_0 que se compara con el valor F de la tabla para $\alpha=0.05$ y grados de libertad iguales a *tratamiento* para el numerador y del error para el denominador.

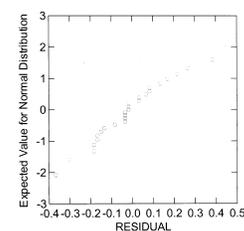
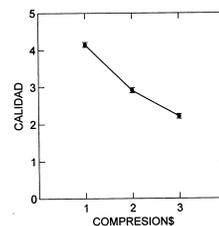
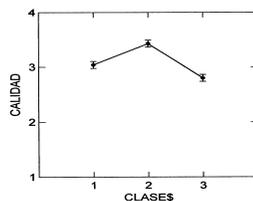
Análisis de los Inexpertos

En LSD 1 (Least Squared Diferences) se ve el promedio de la calidad lograda según la clase. Vemos diferencias significativas pues no hay solapamiento en cuanto al valor de calidad logrado al cambiar la clase. Los valores de calidad menores se corresponden con las caras y los paisajes.

Se debe destacar que las formulas en promedio (clase 2) muestran la mayor calidad en la imagen de salida observada, aunque son imágenes difíciles de tratar por los algoritmos de compresión con pérdida. Esta dificultad se debe al problema de codificación cuando toma bordes en donde hay niveles de grises muy distintos, el algoritmo promedia y aparecen los azulejos propios de la compresión con perdida. Gran parte de la imagen es de fondo oscuro y las imágenes originales no son nítidas. Esto disimula la cuadrícula de los bordes, y a simple vista parecen todas imágenes iguales o muy parecidas. Esto justifica que a pesar de tener poco detalle y ser difíciles de tratar. La clasificación subjetiva es buena.

En LSD 2, la calidad de la imagen de salida para el grupo de inexpertos va decreciendo cuando se aumenta el radio de compresión. Esta relación la marca el sentido común puesto que mientras aumenta el radio de compresión se detecta mas fácilmente la perdida de información producida por el algoritmo de compresión. En las medidas objetivas, tanto la entropía y la relación señal ruido disminuyen debido a la perdida de información, cada vez nos alejamos más de la imagen original.

La Función 1 muestra que los residuos aproximan correctamente con la distribución Normal. Mientras que los residuos están esparcidos en forma de nube, no existiendo datos anormales.



LSD 1: Calidad-Clase para Inexpertos

LSD 2: Calidad-Compresión para Inexpertos

Función 1: Residuos

Análisis de los Expertos

En LSD 3 se ve el promedio de la calidad lograda según la clase. Vemos diferencias significativas debido a que no hay solapamiento en cuanto al valor de calidad lograda al cambiar la clase. Los valores de calidad menores se corresponden con las caras y los paisajes. De acuerdo a los resultados objetivos que se muestra en las tablas 12, 13 y 14, las caras y paisajes tienen alta entropía. Esto significa que poseen mucha información de detalle que se pierde cuando se comprimen las imágenes.

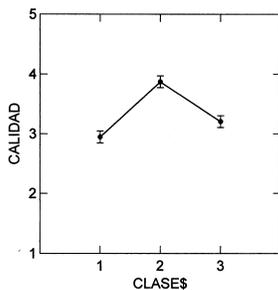
Al igual que en los inexpertos, se debe destacar que las formulas en promedio están muestran la mayor calidad en la imagen de salida del observador, aunque son imágenes difíciles de tratar por los algoritmos de compresión con pérdida. Esta dificultad se debe al problema de codificación cuando toma bordes en donde hay niveles de grises muy distintos, el algoritmo promedia y aparecen los azulejos propios de la compresión con pérdida. Gran parte de la imagen es de fondo oscuro y las imágenes originales no son nítidas. Esto disimula la cuadrícula de los bordes, y a simple vista parecen todas imágenes iguales o muy parecidas. Esto justifica que a pesar de tener poco detalle y ser difíciles de tratar. La clasificación subjetiva es buena.

La diferencia con los inexpertos se da en los valores de la clasificación. El área de bajo la curva es menor dado que los expertos clasifican en forma más ajustada. Esto significa que *ven* mejor que los inexpertos.

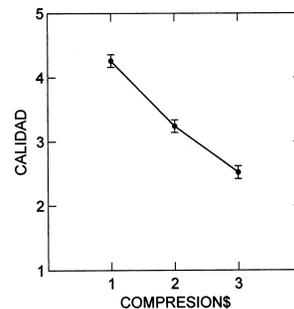
En LSD 3, la calidad de la imagen de salida para el grupo de los expertos va decreciendo cuando se aumenta el radio de compresión. Esta relación la marca el sentido común puesto que mientras aumenta el radio de compresión se detecta más fácilmente la pérdida de información producida por el algoritmo de compresión. En las medidas objetivas, tanto la entropía y la relación señal ruido disminuyen debido a la pérdida de información, cada vez nos alejamos más de la imagen original.

En LSD 4 se observa que las diferencias en el grupo de expertos son menores los solapamientos, esto es lógico debido a que comparten más experiencia en la observación de imágenes.

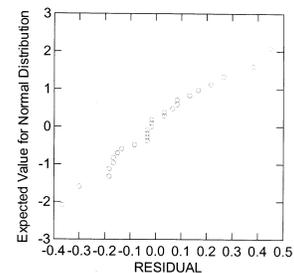
La Función 2 muestra que los residuos aproximan correctamente con la distribución Normal. Mientras que la Función 2 muestra que los residuos están esparcidos en forma de nube, no existiendo datos anormales.



LSD 3: Calidad-Clase para Expertos



LSD 4: Calidad-Compresión para Expertos



Función 2: Residuos

Resultados Obtenidos

Se han analizado las correlaciones entre la variable CALIDAD subjetiva y los valores objetivos incluyendo el radio de compresión, buscando responder a los objetivos planteados .

En la Figura 1 muestra que para este experimento, hay una correlación entre la variable de salida, CALIDAD y el radio de compresión, dado que la nube de puntos puede ser encerrada por una elipse cuyo radio tiende a 1. Esto indica que existe una recta con pendiente negativa pues a mayor radio de compresión, la calidad observada disminuye. En esta figura se ven los datos de expertos como inexpertos, también se cumple si dividimos la información por tipo de observador.

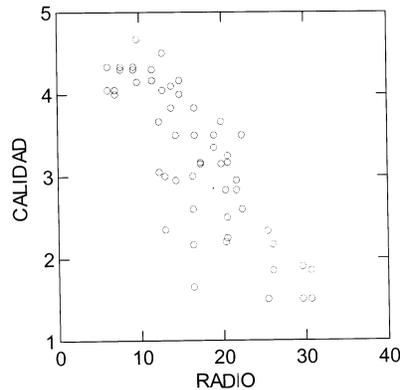


Figura 1: Correlación Calidad-Radio para Expertos-Inexpertos

La Figura 2 muestra la correlación que hay entre la relación señal ruido y el radio de compresión. Si miramos los datos no se ve correlación directa pues los puntos están dispersos.

De todos modos la recta que interpola los puntos sigue una ley similar a la de la calidad subjetiva

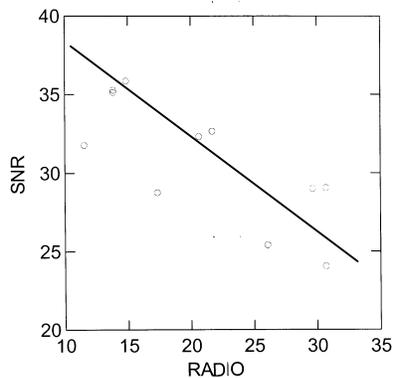


Figura 2: Correlación SNR - Radio

Ahora si se detalla la información de los puntos, clasificando por cada imagen comprimida, se ve como correlacionan directamente. Se muestra esto en las siguientes páginas para las CARAS y los PAISAJES.

En la Figura 3 se ve como las compresiones de CARA1, llamadas CARA1_D1, CARA1_D2 y CARA1_D4 forman una recta. Lo mismo ocurre con CARA2 y CARA3. La Figura 5 muestra que para las CARAS las medidas subjetivas y objetivas siguen una variación similar en función del radio de compresión. Se marcar con líneas de puntos la recta interpolante de las medidas objetivas

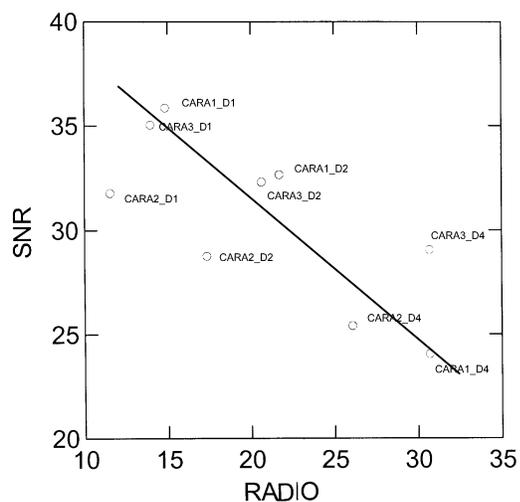


Figura 3: SNR - RADIO para CARAS

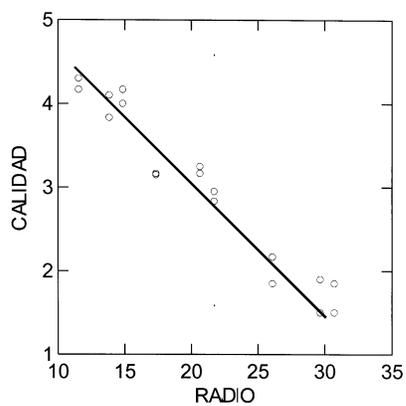


Figura 4: Calidad Subjetiva - Radio para Caras

En la Figura 5 se ve como las compresiones de PAISAJE1, llamadas PAIS1_D1, PAIS1_D3 y PAIS1_D4 forman una recta. Lo mismo ocurre con PAISAJE2 y PAISAJE 3. La Figura 4 muestra que para los PAISAJES las medidas subjetivas y objetivas siguen una variación similar en función del radio de compresión.

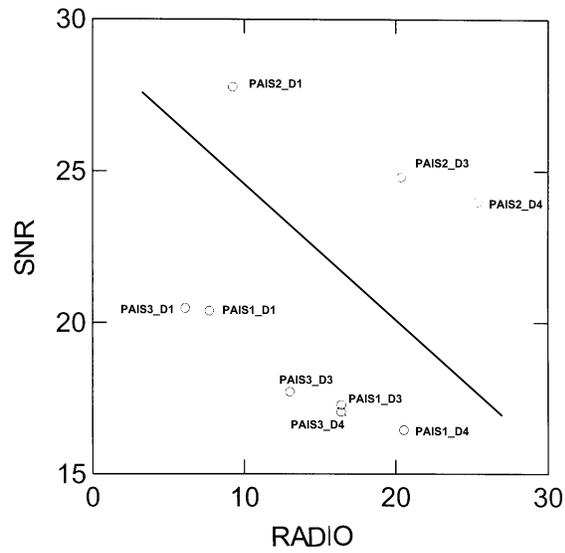


Figura 5: SNR - Radio para los paisajes

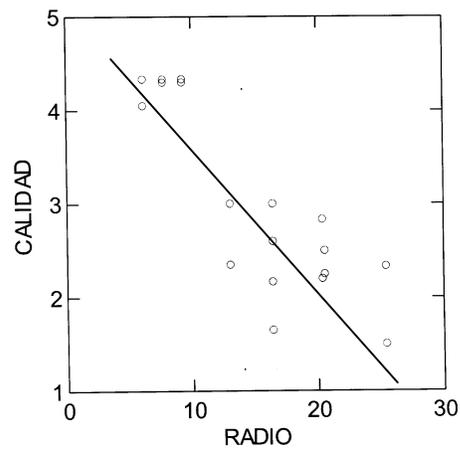


Figura 6: Calidad - Radio para Paisajes

Conclusiones

Con análisis de los datos experimentales se puede concluir que existe una correlación entre la calidad subjetiva y la relación señal ruido. Los resultados se confirman extendiendo el experimento con mayor número de clases de imágenes y mayor número de radios de compresión.

Este estudio de correlaciones indica que para este conjunto de datos experimentales, existe relación entre las apreciaciones de calidad subjetiva y de la relación señal ruidos respecto del radio de compresión (y por lo tanto e la pérdida) de las imágenes.

Un resultado que no se determina en este trabajo es el máximo radio de compresión en donde no sigue valiendo esta correlación. El problemas esta dado en que el aumento de radios de compresión modifica la interfaz hombre-máquina para la evaluación de la calidad subjetiva. De todos modos no interesaba trabajar con radios de compresión que degradaran la imagen hasta hacerla ininteligible.

El análisis de los datos y la correlación con el radio indican que el sujeto evaluador ve las diferencias de compresión y en la calidad percibida.

La pendiente de la recta de degradación de la calidad subjetiva depende levemente de la clase de imagen, tal como se ve en la Figura 3.

No aparecen diferencias significativas en la calidad apreciada, esto se ve claramente en los LSD 1 y LSD 3 en donde la calificación asignada tiene poca variabilidad. Esto se resumen en la Figura 7

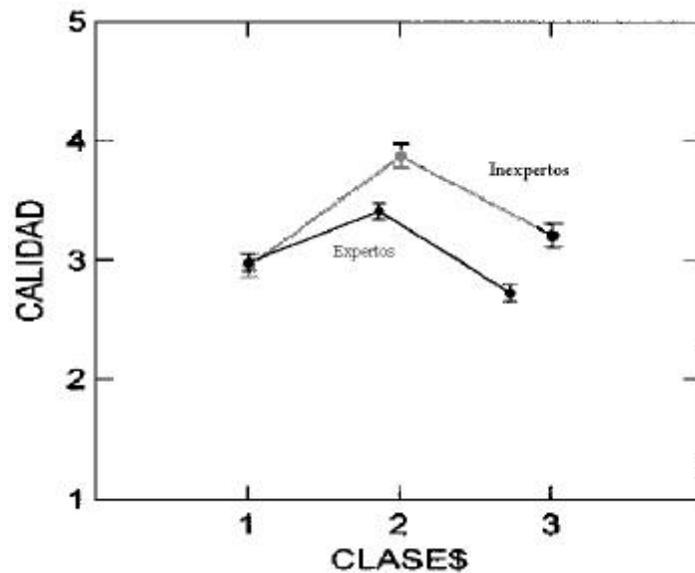


Figura 7: Calidad Subjetiva Expertos-Inexpertos

Trabajos Futuros

Buscar el máximo radio de compresión en donde no siga valiendo esta correlación. Esto implica definir un frecuencia en el aumento del radio de compresión a un límite máximo de 10 compresiones por imágenes modificando el sistema de evaluación.

Ampliar el dominio de las imágenes a estudiar para verificar si se siguen manteniendo las tendencias independientemente del dominio. Esto se puede hacer incorporando imágenes relacionadas a la medicina, como por ejemplo radiografías, otras relacionadas a la astronomía, etc.

También se puede repetir este experimento para imágenes con color, para verificar si hay variaciones en la calificación subjetiva.

Extender este estudio a vídeo para verificar si se mantienen las tendencias encontradas en este experimento, verificando además, como los modelos de estimación de movimiento, inducen a cambios en la percepción de la calidad visual en secuencias de vídeo.

Bibliografía

- [Algazi 1992] *Comparasion of Image Coding Techniques with a Picture Quality Scale*. V. R. Algazi, Y. Kato, M. Miyahara, Kotani. SPIE Vol 1771, Applications of Digital Image Processing XV, 1992.
- [Cosman 1994] *Evaluatig Quality of Compressed Medical Images: SNR, Subjetive Rating and Diagnostic Accuracy*. P. Cosman, R. Gray, R. Olshen. Proceedings of the IEEE VOL 82, Nro. 6, Junio 1994.
- [Gonzáles 1996] *Tratamiento Digital de Imágenes*. R. Gonáles & R. Woods. Addison-Wesley/Diaz de Santos, 1996.
- [Marmolin 1986] *Subjetive mse Measures*. IEEE Transaction System. Vol SMC-16. Junio 1986.
- [Montgomery 1991] *Diseño y Análisis de Experimentos*. D. C. Montgomery. Grupo Editorial Iberoamérica, 1991.
- [Ramon 2001] *Análisis del Error en Algoritmos de Transmisión de Imágenes Comprimidas con Pérdida*. Hugo Ramon, 2001. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata. Tesis Magister en Automatización de Oficinas.
- [Russo 1998] *Técnicas de Compresión de Imágenes Aplicables a un Ambiente de Oficinas Distribuido*. C. Russo, 1997. Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.
- [Wallace 1991] *The JPEG Still Picture Compression Standard*. G. Wallace. Multimedia Engineering. Digital Equipment Corporation. Maynard, MASS, 1991.