



## Artículo de divulgación científica en el área vocal

Fonoaudiólogo Marco Guzmán N.

Especialista en Vocología, University of Iowa, y National center for voice and speech, USA.

Académico Unidad de Voz de la Escuela de Fonoaudiología, Universidad de Chile.

Vicepresidente Fundación Iberoamericana de voz cantada y hablada

### IMPEDANCIA ACUSTICA DEL TRACTO VOCAL EN VOZ HABLADA Y CANTADA

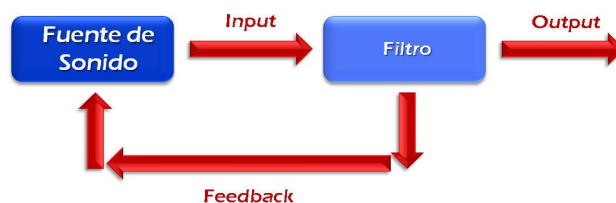
El tema de la impedancia acústica del tracto vocal tiene gran importancia práctica en la terapia y el entrenamiento de voces patológicas y sanas. En este artículo se presentan los conceptos básicos para poder entender como actúa la impedancia en el tracto vocal, para posteriormente conocer los efectos fisiológicos y técnicos de los ejercicios con tracto vocal semiocluido que serán presentados en el siguiente artículo.

En la teoría lineal de producción de la voz se plantea que el tracto vocal cumple un rol de filtro acústico de la onda compleja producida por los pliegues vocales, no existiendo una influencia del tracto vocal en la fuente.



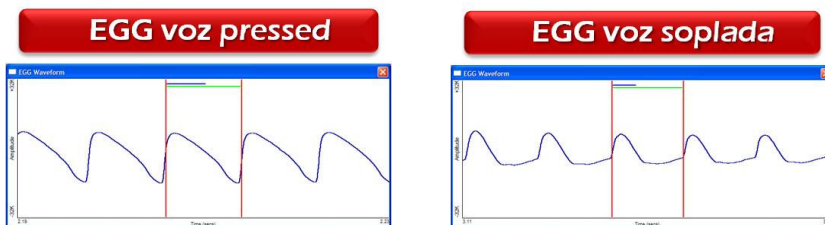
Por otra parte, la teoría **no lineal** de producción de la voz plantea que el tracto vocal además de servir como un filtro del sonido producido en la fuente, actúa también como un modificador de los patrones vibratorios de las cuerdas vocales a través de la modificación de la impedancia acústica del mismo. Dicho de otra forma, existe un bio feedback entre el tracto vocal y la fuente (los pliegues vocales), y de esta manera una interacción fuente-filtro que no es considerada en la teoría lineal de producción de la voz.

#### Interacción fuente filtro no lineal

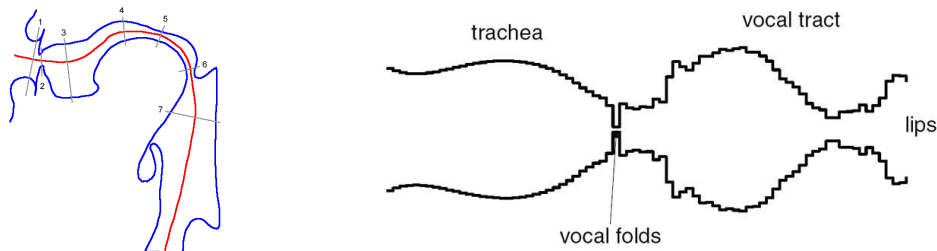


Cuando se habla del concepto de impedancia se puede decir en términos muy generales que es considerada como la dificultad para hacer que un sistema se mueva. (Más adelante se especificará más sobre el término). En la producción de la voz encontraremos básicamente dos sistemas de impedancia: impedancia glótica y la impedancia del tracto vocal. La primera de ellas se define como la relación entre

la presión detrás de la glotis y el flujo de aire a través de las cuerdas vocales, mientras que la segunda, se considera como la relación entre la presión acústica del tracto vocal y el resultante flujo dentro del tracto vocal. Ambas impedancias cambian constantemente al hablar o cantar, por lo tanto, lo que se debe considerar es la tendencia o el promedio de ellas durante el habla o el canto. En el caso de la impedancia glótica, si existe un flujo pequeño y mucha presión, entonces estamos en presencia de un sistema de alta impedancia, mientras que si hay mucho flujo y la misma presión, entonces es un sistema de baja impedancia. La impedancia glotal se controla con el grado de aducción de las cuerdas vocales y se puede ser medida en Kilo pascal por el flujo en litros por segundo. Por ejemplo la voz “apretada” corresponde a un caso alta impedancia glótica (gran aducción), mientras que la voz “soplada” a baja impedancia glótica (baja aducción).

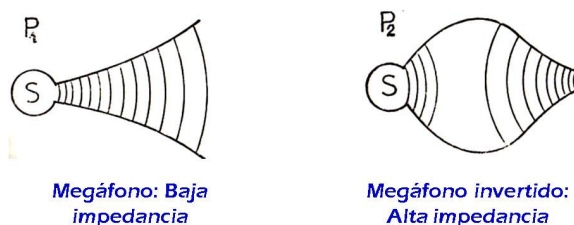


En relación al tracto vocal, la impedancia de este va a estar controlada principalmente por gestos articulatorios que pueden ser de cuatro tipos: constricciones, ensanchamientos, alargamientos y acortamientos producidos por los movimientos de los órganos articulatorios.



El tema de la impedancia del tracto vocal, no es un tema nuevo, pero si en los últimos años se ha llevado a cabo una gran cantidad de investigación al respecto y uno de los grande exponentes en este tema es el Dr. Ingo Titze.

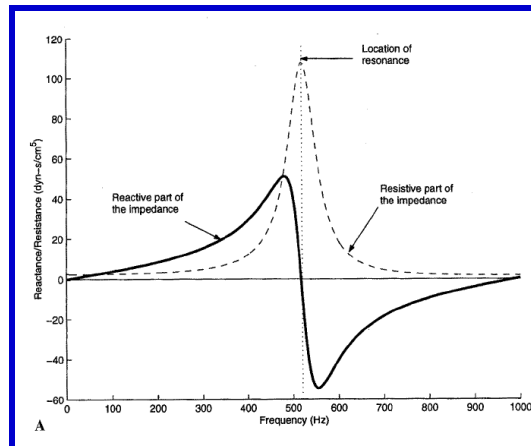
Retrocediendo en el tiempo citaremos a Huson, quien señalo que existían dos grandes tipos de formas o configuraciones del tracto vocal en relación a su impedancia acústica: el tracto vocal con forma de megáfono (baja impedancia) y el tracto vocal con forma de megáfono invertido (alta impedancia). Como norma general y a modo de ejemplo, los cantantes de música popular utilizan la configuración de megáfono, mientras que los cantantes clásicos, la de megáfono invertido (tracto vocal más cerrado y alargado). Pueden existir excepciones a esta norma.



Este autor plantea que a medida que el timbre de la voz se hace más oscuro con la forma de megáfono invertido (labios más cerrados), los formantes del tracto vocal descienden en sus valores y la impedancia acústica es mayor. Recordar que el descenso de las frecuencias de F1 y F2 se puede producir por: estrechamiento labial o alargamiento del tracto vocal (protrusión labial y/o descenso laríngeo). Huson señaló que la impedancia reflejada del tracto vocal actúa como mecanismo protector cuando esta es alta, diciendo que “El oscurecimiento de las vocales tiene una virtud amortiguante y protectora del mecanismo sobre la glotis”, por el contrario, “En los sonidos abiertos la separación de las ccvv es poco amplia y de muy corta duración, pudiendo producir una fuerte percusión entre los pliegues vocales y por lo tanto un efecto dañino”. Desde ese entonces que ya se planteaba el efecto fisiológico producido por el cambio de la impedancia del tracto vocal en la vibración de los pliegues vocales. Este hecho es coincidente con la teoría no lineal de producción de la voz donde existe un bio feedback y por lo tanto una interacción entre fuente y filtro.

Anteriormente se señaló que la impedancia en términos generales es la dificultad para hacer que un sistema se mueva, pero ahora detallando más profundamente este concepto, el Dr. Titze señala que la impedancia está compuesta por dos grandes partes: La resistencia y la reactancia. La primera corresponde en palabras simples a la fricción y se relaciona con disipación de energía acústica, con la viscosidad, calor, pérdida de flexibilidad de las paredes, y características de radiación en la boca. Por otro lado la reactancia, almacena energía acústica momentánea por la inercia y es buena para mover un sistema. La reactancia su vez se divide en dos partes: la reactancia inercial o positiva y la reactancia complasiva o negativa. La primera de ellas es la que va a facilitar la vibración de los pliegues vocales y por lo tanto es en la cual pondremos mayor interés.

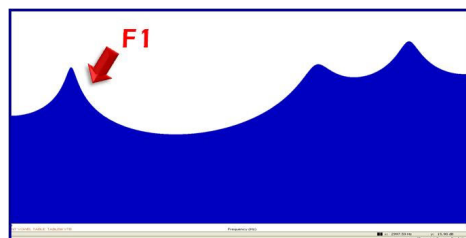
Según lo planteado por Titze, la resonancia (formante del tracto vocal) ocurre donde el valor de la reactancia es cero y donde existe un máximo valor de la curva de resistencia. La resonancia ocurre cuando casi toda la energía del tracto vocal es disipada por varios mecanismos resistivos y casi ninguno es guardado en la parte reactiva de la impedancia.



Por otro lado, la curva de reactancia muestra el pico de su parte inercial (positiva) justo al lado izquierdo del pico de la resistencia, coincidiendo esto además con la zona justo antes del valor de la primera resonancia o formante (F1).

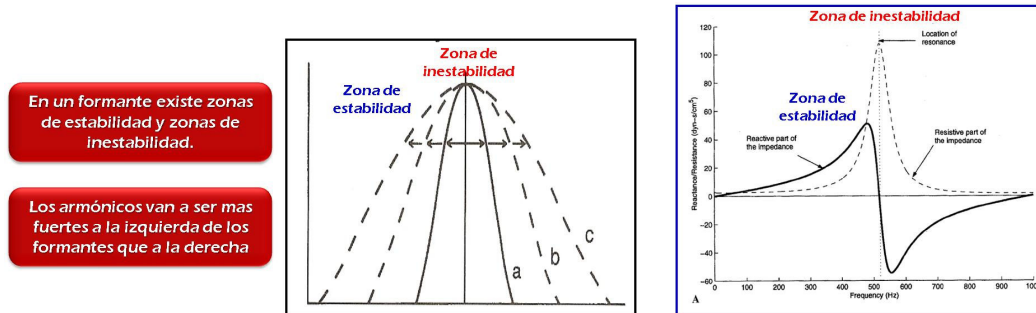
Considerando que la reactancia inercial es favorable para la producción de la voz, entonces el objetivo será lograr un “tracto vocal inercial” (TVI). El tracto vocal inercial ayuda o asiste a la vibración de las cuerdas vocales, en donde la presión supraglotal que maneja la columna de aire, está en fase con la velocidad de las cuerdas vocales. El TVI provee un mecanismo de empujar y tirar que es a menudo atribuido solo al efecto de Bernoulli.

El tracto vocal es un tubo corto que por lo tanto presenta valores formánticos relativamente altos si lo comparamos con el tubo largo de un instrumento musical como la trompeta. De esta forma los valores de F1 y F2 estarán lejos al valor de F0 o frecuencia fundamental y por lo tanto la asistencia de F1 en la oscilación de los pliegues vocales será mínima o nula. En consideración a lo anterior, se requieren estrategias resonanciales que favorezcan una mayor interacción entre F0 y F1 y que por ende produzcan un tracto vocal más inercial. Claramente al hablar no se puede mantener un tracto vocal alargado u ocluido para mantener un TVI, pero si lo que se busca es una estrategia global que permita reforzar los armónicos en forma colectiva.

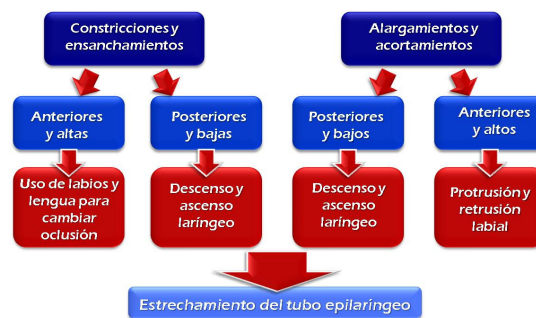


En el sistema de producción lineal se cree que cuando los armónicos están justo en los formantes es mejor, mientras que en la teoría no lineal de producción de la voz se cree que cuando los armónicos

coinciden con los formantes se crea una gran inestabilidad, por lo tanto es mucho más beneficioso que los armónicos estén levemente a la izquierda de los valores formánticos. Los armónicos van a ser mas fuertes a la izquierda de los formantes que a la derecha, dicho de otra forma, en la región donde se tiene reactancia positiva o inercial es un buen lugar donde tener los armónicos ya que esto ayudará a mantener la oscilación de los pliegues vocales.



En términos prácticos existen diferentes formas para manejar y controlar la impedancia del tracto vocal, o siendo más específicos, la reactancia inercial del tracto vocal. A continuación un cuadro resumen de los gestos articulatorios usados para hacerlo.



A través de este cuadro podemos observar que existen gestos articulatorios que favorecen la formación de un tracto vocal inercial (TVI), mientras que otra no lo hacen.

En el siguiente artículo se discutirán los efectos fisiológicos que produce un TVI o un sistema de alta impedancia y se mostrarán ejercicios prácticos para ser utilizados en la terapia y entrenamiento de la voz.

**Fonoaudiólogo**  
**Marco Guzmán N.**  
[www.vozprofesional.cl](http://www.vozprofesional.cl)

**Publicado en Enero de 2010**

Marco Guzman – [www.vozprofesional.cl](http://www.vozprofesional.cl)