

# Beam halo

**Bruce Yee-Rendon\***

*Nuclear Transmutation & Accelerator Division  
Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC)  
Japan Atomic Energy Agency (JAEA)*

\*byee@post.j-parc.jp

# Introducción

*¿Que es el beam halo?*

*Son las partículas que se encuentran en la parte mas exterior de la distribución de las partículas.*



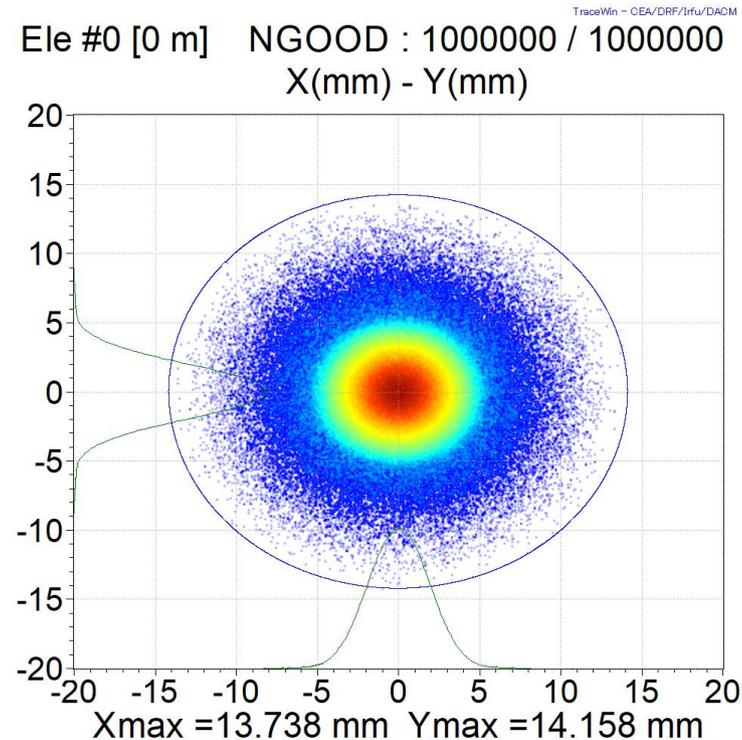
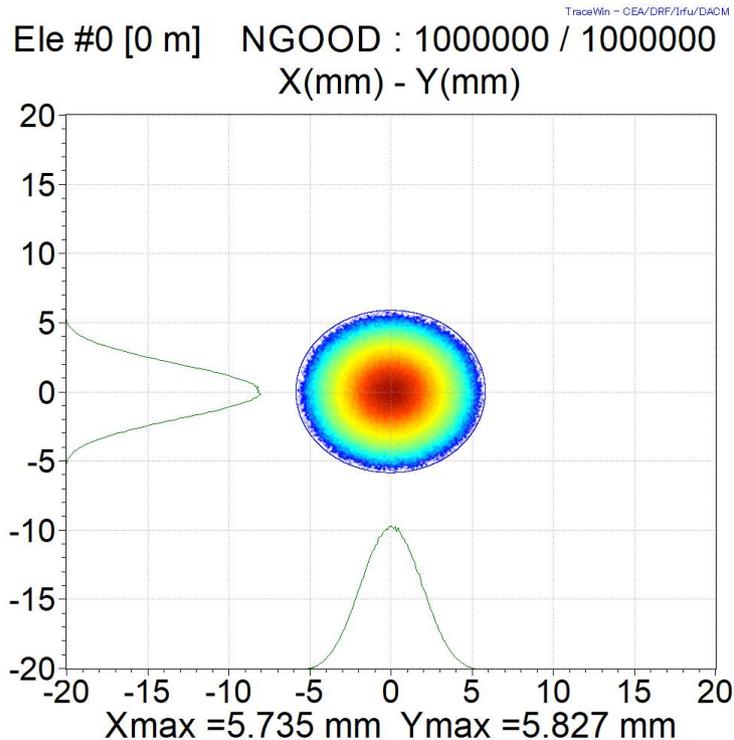
Cortesía de Bungie y Microsoft Studios.

*Ok... pero ¿Donde empieza esa parte?*

*¿ 3  $\sigma$ , 4  $\sigma$  ? ¿5% de la distribución, 1%?, la verdad no hay un conceso y todavía esta en discusión una definición clara de donde empieza el beam halo.*

# Practical definition

El beam halo comienza cuando la distribución cambia de manera abrupta(?)



# ¿Por que es importante el beam halo?

En aceleradores de altas energías al igual de alta intensidad unas de los principales retos

La razón es por que beam halo es la principal fuente de beam loss:

- Riesgo para las trabajadores, el medio ambiente y el acelerador.

Para high-intensity proton aceleradores existe un limite máximo de energía depositada permitida

1 W/m que es el limite para realizar mantenimiento basado en el trabajo de los ALAMOS.

# ¿Cuál es el origen del beam halo?

Existe una relación entre beam halo y el crecimiento de emitancia.

“No todo crecimiento de emitancia es necesariamente asociado con la generación de beam halo, pero toda formación de halo esta siempre acompañada por un crecimiento de emitancia”

Thomas P. Wangler

El space-charge induce crecimiento de emitancia:

- RMS mismatch
- Transferencia de emitancia
- Redistribución de carga
- Resonancia de estructura.

# Mismatch

Cuando el beam no coincide (mismatch) las oscilaciones del haz puede generar diferentes modos de resonancia:

- **Quadrupolar**
- **High frequency, breathing or fast mode**
- **Low frequency, slow mode**

# Mismatch

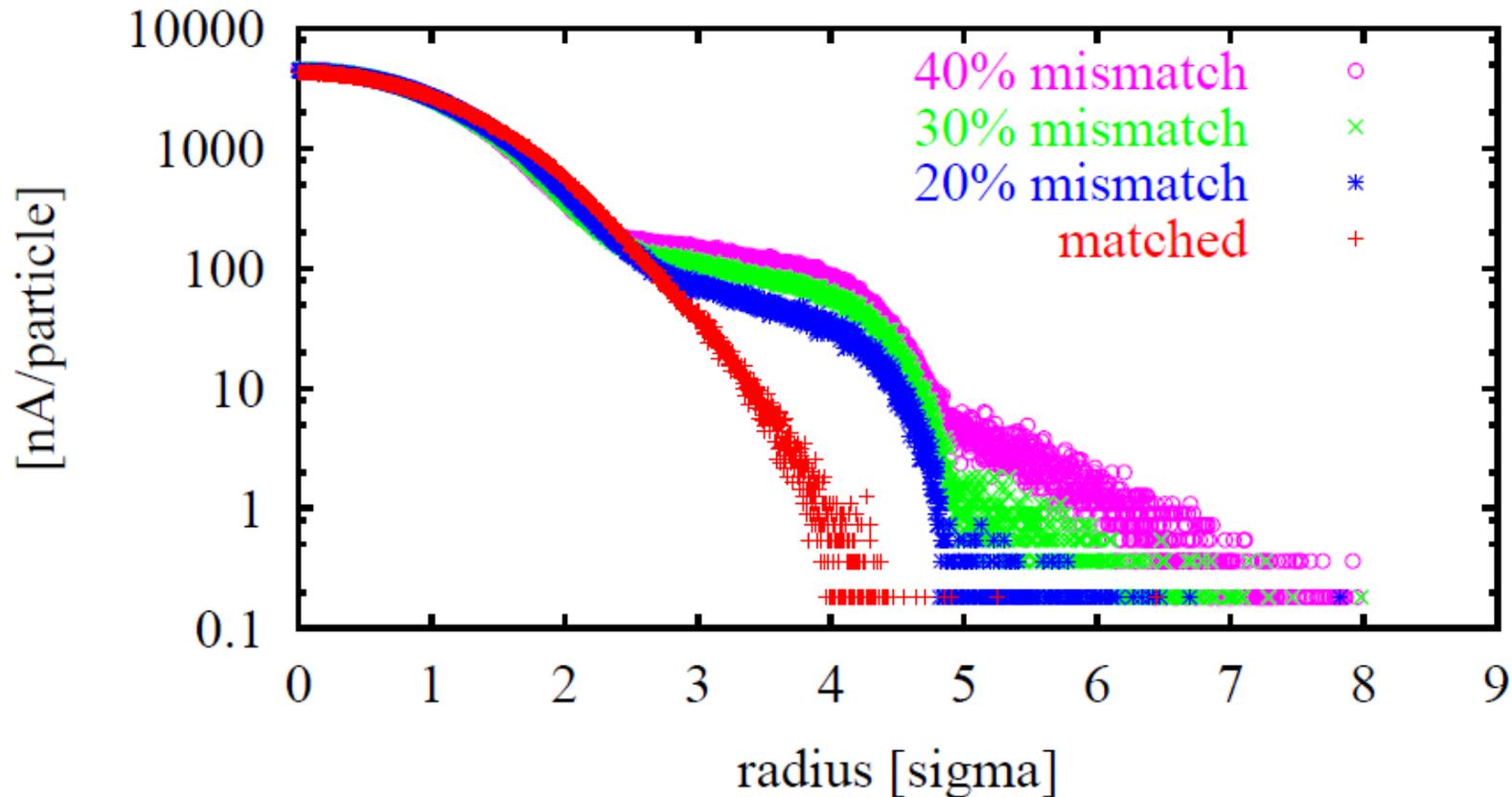


Figure 11. Transverse particle distribution at the end of the SPL (120 - 2200 MeV, 40 mA simulation current, Gaussian input beam,  $10^7$  particles) when exciting a “+++” mismatch with different amplitudes.

Cortesia de F. Gerigk, Space Charge and Beam halos in Proton linacs

# Transferencia de emitancia

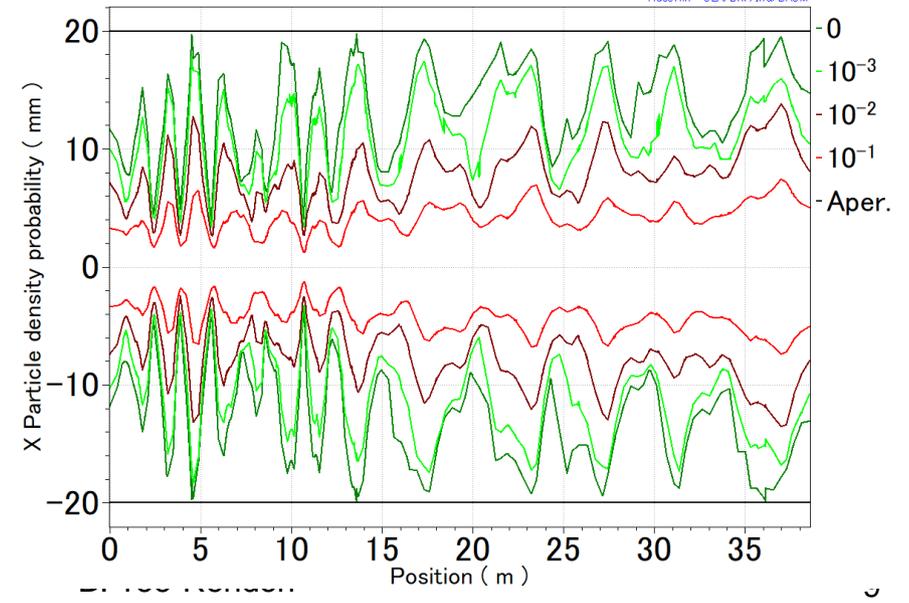
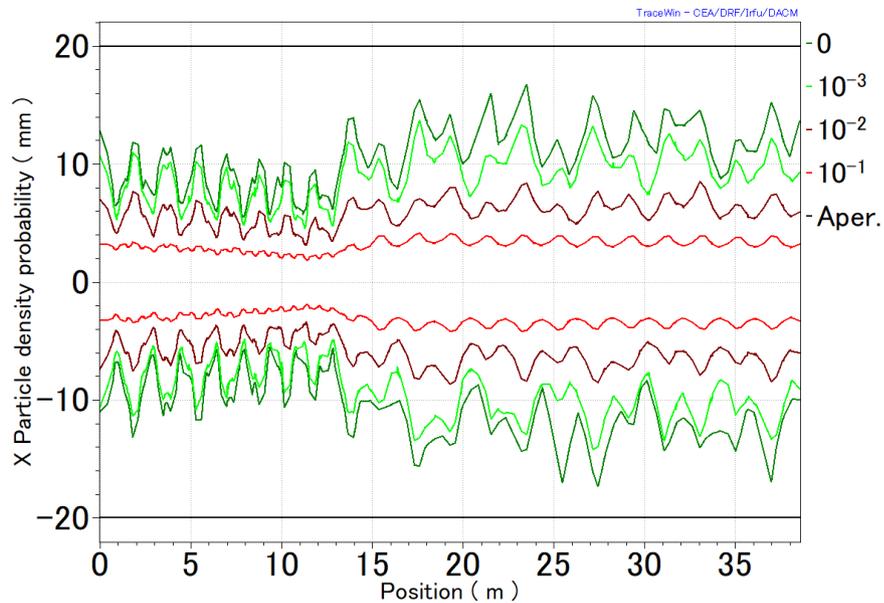
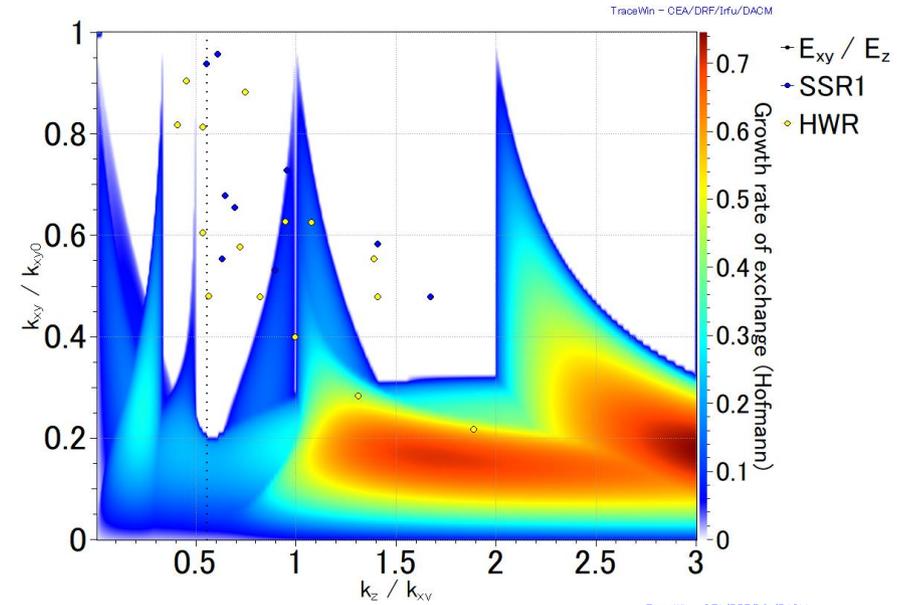
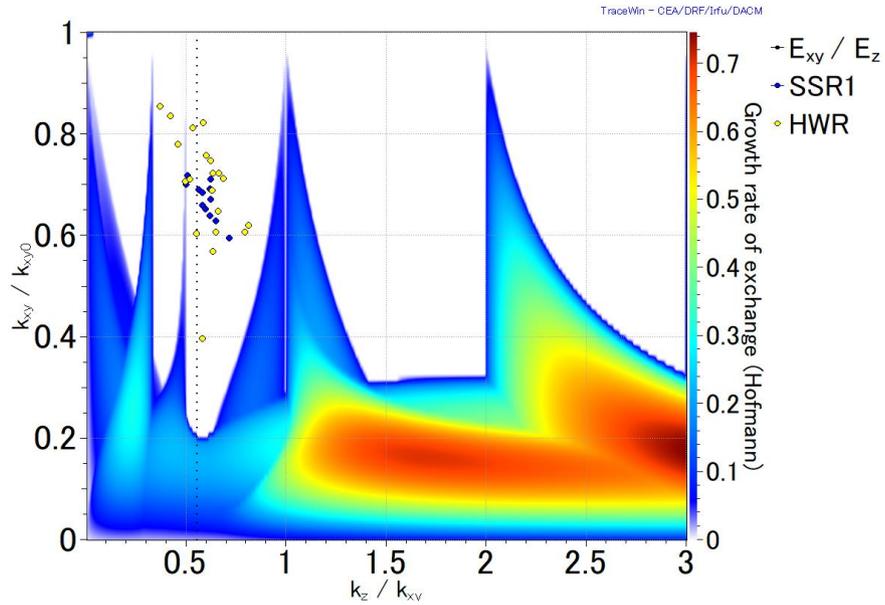
Esto produce cuando existen resonancias acopladas.

Esto se puede evitar mediante:

- **Equipartitioning beam**
- Diseñar un haz en un región **sin resonancias**

$$\frac{K_{0,x/y}}{K_{0,z}} = \left( \frac{3}{2} \frac{\epsilon_{norm,z}}{\epsilon_{norm,x/y}} - \frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

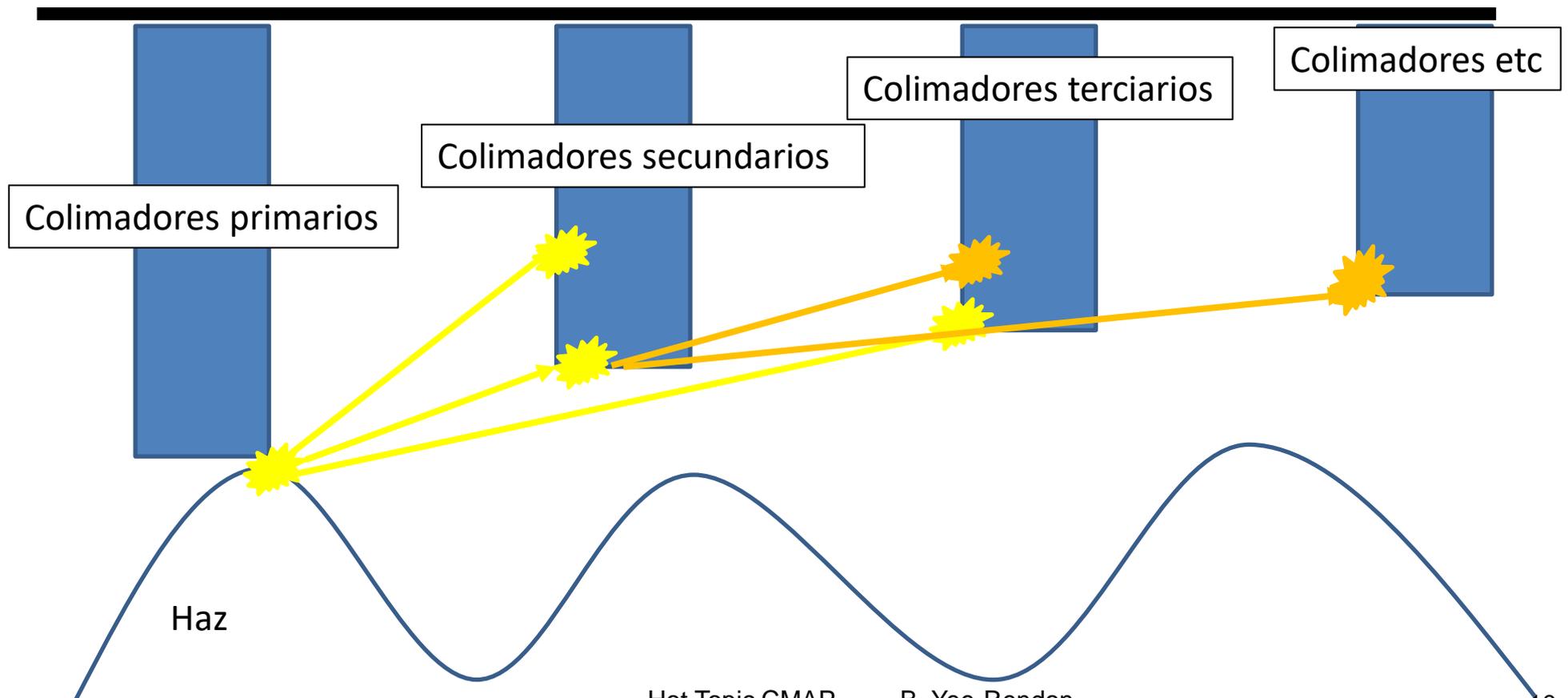
# Hofmann chart



# Collimadores

Collimadores remueven el halo pero tienen desventajas y limitaciones:

- **Limite** para remover haz (activación, deformación, etc.)
- Pueden inducir **repopulación** del halo.



# Conclusiones

- El beam-halo es la **principal** fuente de **beam loss**, por lo que es una de las mayores problemas para operar a altas energías y/o intensidades.
- En high-intensity proton linac, el **control** del crecimiento de la **emitancia** es fundamental para la **reducción** del **beam-halo**.
- **Mismatch** es una fuente de creación de beam-halo, lo cual se puede **mitigar** haciendo el **correcto match** del haz.
- **Transferencia de emitancia**, se puede controla ya sea diseñando un **equipartitiong** linac u operando en regiones donde **no** existen **resonancias acopladas**.
- Los colimadores pueden remover el halo, sin embargo también puede **ayudar** a su **formación** y tiene cierto **limite** de **eficiencia**.