

Un camino de simulación, “el acoplamiento hcc como ejemplo”

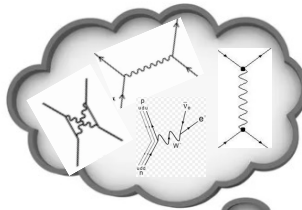
Taller “Más allá del Modelo Estándar y Astropartículas”

Introducción (motivación (meta))

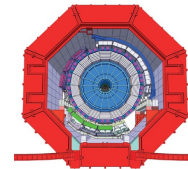
El dar respuesta a dudas que el ME no responde nos ha invitado proponer nuevos modelos



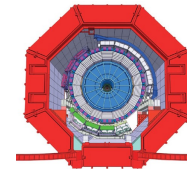
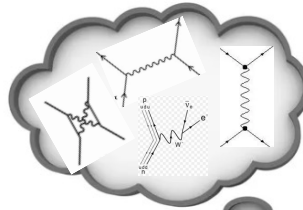
La formulación de estos modelos es un arduo trabajo teórico.



La fenomenología, igual de arduo y complicado (pero bello).



La meta



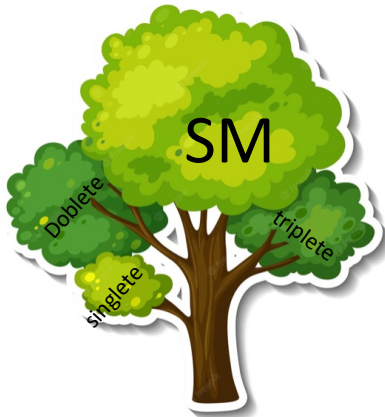
Poder recorrer el camino mediante el uso de herramientas computacionales y presentar resultados fácilmente comparables con la parte experimental



Nuestro camino



LanHep



$SM + \text{Doblete} = 2\mathcal{HDM}$

Vértices
Hermeticidad
Términos de masa



¡a lo que sigue!

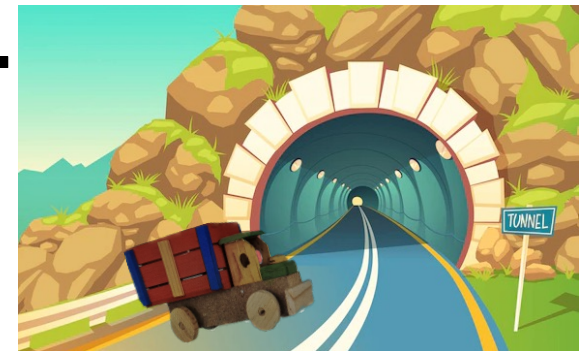
Coupling	Vertex Function	Coupling	Vertex Function
$g_{A_1 H^\pm(p_1) H^\mp(p_2)}$	$ie(p_1 - p_2)_\mu$	$g_{A_1 A_2 H^\pm H^\mp}$	$2ie^2 g_{H^\pm}$
$g_{A_1 \sigma_W^\pm(p_1) \sigma_W^\mp(p_2)}$	$ie(p_1 - p_2)_\mu$	$g_{A_1 A_2 \sigma_W^\pm \sigma_W^\mp}$	$2ie^2 g_{H^\pm}$
$g_{\phi_\pm W^\pm W^\mp}$	$ig_{H^\pm} g_{\phi_\pm W^\pm W^\mp}$	$g_{(hh, HH, AA) W^\pm W^\mp}$	$\frac{1}{2} g_{H^\pm}^2$
$g_{\phi_\pm(p_1) W^\pm H^\mp(p_2)}$	$\pm \frac{1}{2} g_{W^\pm H^\mp \phi_\pm} (p_H^\pm - p_\phi)_\mu$	$g_{A_1 W^\pm H^\mp A_2}$	$\frac{1}{2} g_{W^\pm H^\mp \phi_\pm} g_{H^\pm}$
$g_{A_1(p_1) W^\pm H^\mp(p_2)}$	$-\frac{1}{2} (p_H^\pm - p_A)_\mu$	$g_{A_1 W^\pm H^\mp A_2}$	$\mp \frac{1}{2} g_{H^\pm}$
$g_{\phi_\pm(p_1) W^\pm \sigma_W^\mp}$	$\mp ig_{H^\pm} g_{\phi_\pm W^\pm W^\mp}$	$g_{ZA(p_1) \phi_\pm(p_2)}$	$\frac{1}{2} g_{H^\pm} (p_\phi - p_A)_\mu g_{ZA \phi_\pm}$

The $\gamma\gamma \rightarrow \phi_i\phi_j$ processes in the type-III two-Higgs-doublet model

: *Phys.Rev.D* 85 (2012) 015020



Inicio de la simulación
Generación de eventos



LoopTools

Efectivos

```

CaLoop - a package for calculation in high energy physics
Version 3.8.0, last modification March 23, 2021

Authors: Alexander Pukhov (Institute of Nuclear Physics, Moscow)
Alexander Kelzin (University of Bonn/Leipzig)
Andriy Chelmsky (University of Jyväskylä)

For contacts: email - caoloop@ppg.pgo.grogru.com
               questions - https://answers.launchpad.net/caoloop
               bugs - https://bugs.launchpad.net/caoloop
               contact - https://answers.launchpad.net/caoloop
               The WWW for CaLoop were developed in collaboration with:
               - caoloop@ppg.pgo.grogru.com

The package contains source written by:
A. Pukhov, V. Dzhurak, V. Il'in, D. Kozlovskiy, A. Krasov, A. Lyskov, A. Kuznetsov

Press FF or click the box below to get
References, Contributions, Acknowledgments

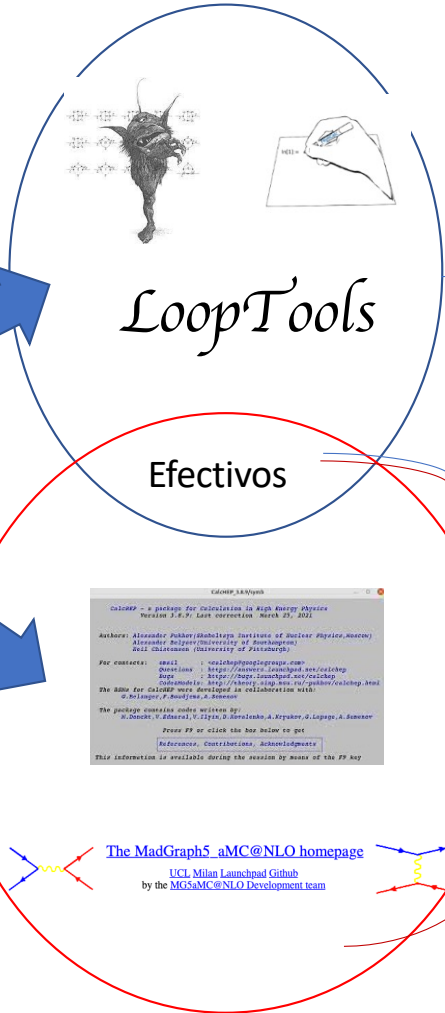
This information is available during the session by means of the FF key
    
```

Probing the $hc\bar{c}$ coupling at a Future Circular Collider in the electron-hadron mode

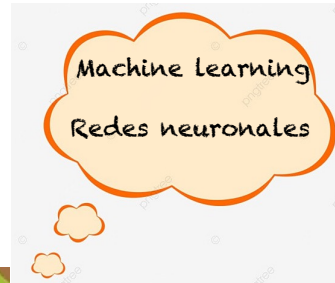
: *Eur.Phys.J.C* 83 (2023) 1, 77

$$e^-p \rightarrow \nu_e h q$$

The MadGraph5_aMC@NLO homepage
[UCI Milan Launchpad Github](#)
 by the MGSaMC@NLO Development team



EL túnel



En este túnel, se encuentran las propiedades del colisionador y del detector, para nuestro ejemplo:

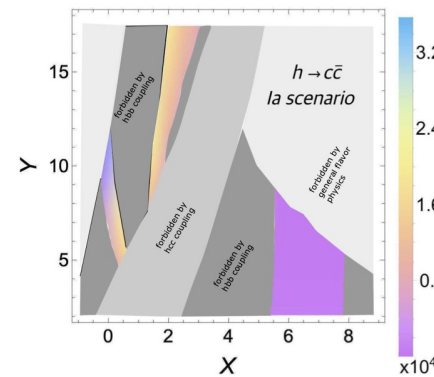
$$E_e = 60 \text{ GeV}, \text{ } -80\% \text{ polarización}$$

$$E_p = 50 \text{ TeV}, \text{ PDF CTEQ6L1}$$

$$1 \text{ ab}^{-1} \text{ de luminosidad}$$

$$P_T(q) > 10 \text{ GeV}, \Delta R(q, q) > 0.3 \text{ y } |\eta(q)| < 7$$

Pero en este túnel también hay que considerar las restricciones teóricas y experimentales
Y la existencia de otros cuantos vehículos en él (el ruido de fondo)



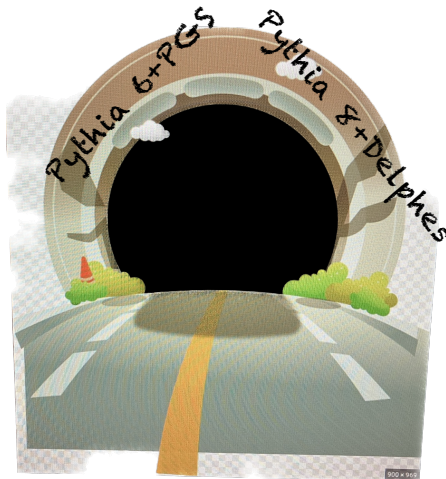
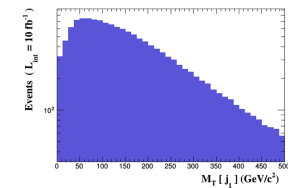
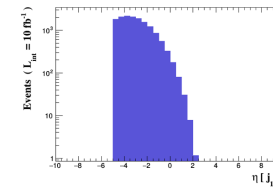
Background	Cross section [pb]	Number of events
$\nu_e jjj$	172	1.75×10^8
$\nu_e bjj$	16.1	1.61×10^7
$\nu_e bbj$	1.8	1.8×10^6
$\sum \nu 3j$	189.9	10^8
$\nu_e llj$	3.09	3.09×10^6
$\nu_e tb$	12.47	1.24×10^7
$ejjj$	948	9.48×10^8
$ebjj$	17.8	1.78×10^7
$ebbj$	75.4	75.4×10^7
$\sum ejjj$	1040	10^9
ett	0.35	3.5×10^5

La primera luz (en medio del túnel)



MAD
Analysis 5

Primer análisis a nivel partónico
 $e^-p \rightarrow \nu_e hq$



En este otro túnel se encuentran, una vez más las propiedades del detector, pero aquí ya se definen las características de reconstrucción de los posibles estados finales. Esta información está presente en las CARTAS.



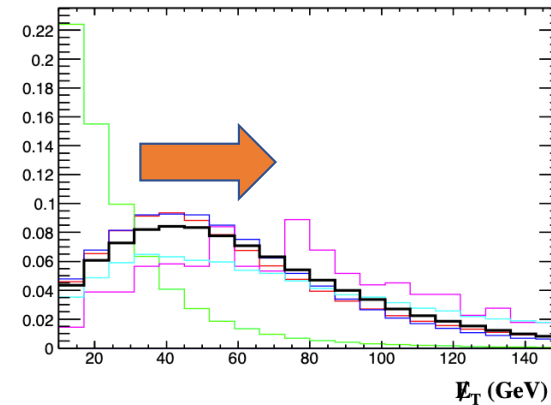
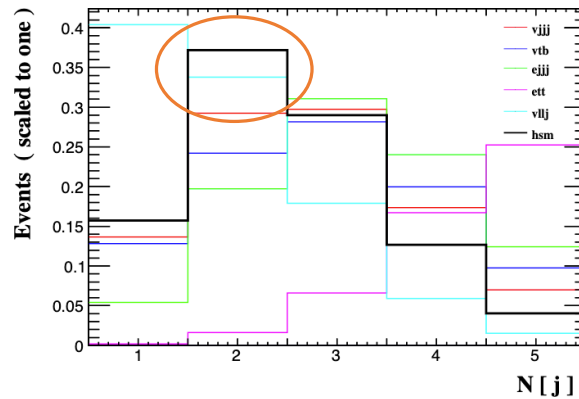
La Luz (final)



$$e^-p \rightarrow \nu_e h q \rightarrow \cancel{E} + 3j$$

Observación y comparación de diferentes observables cinemáticas de la señal y el ruido de fondo.

Se imponen las primeras condiciones de selección de señales $p_{T(j)} > 10 \text{ GeV}$ y $|\eta(j)| < 6$.

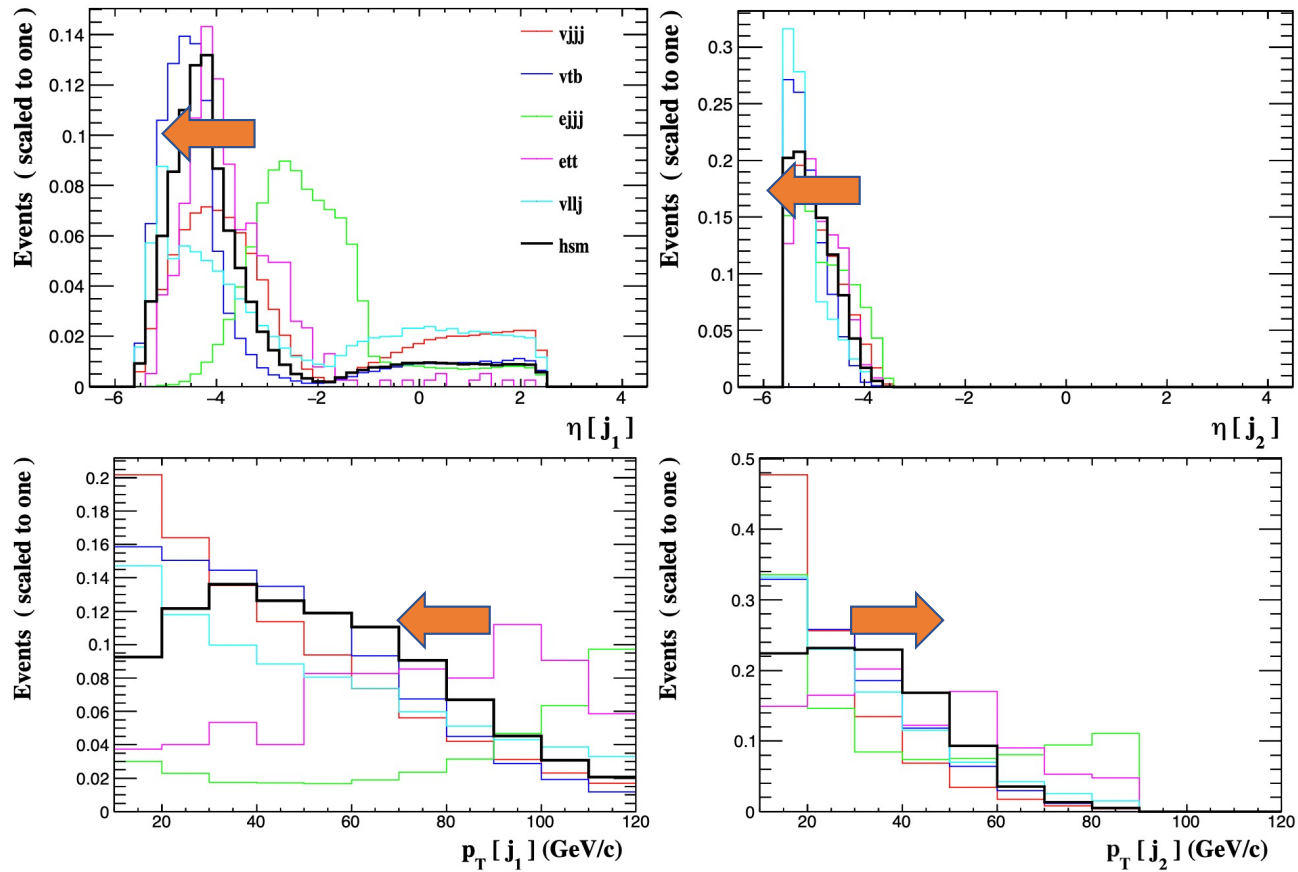


¿Por qué sólo dos jets?

Signal	Raw events	Sim Events	Set A)	Set B)
Ia	875000	890530	633866 36075	190986 10869
$\Sigma\nu 3j$	1.89×10^8	19956113	176368197 10334771	40956844 2399977
νtb	1.24×10^7	1254485	7880059 501285	1505048 95743
$\Sigma e 3j$	10^9	104495242	73393857 52792574	3093729 2225334
ett	350000	353583	26046 14764	380 215
$\Sigma\nu llj$	3090000	1434318	411923 134029	117562 38253

En cuanto a las modificaciones a los números de eventos, tenemos esta información

Y continuamos

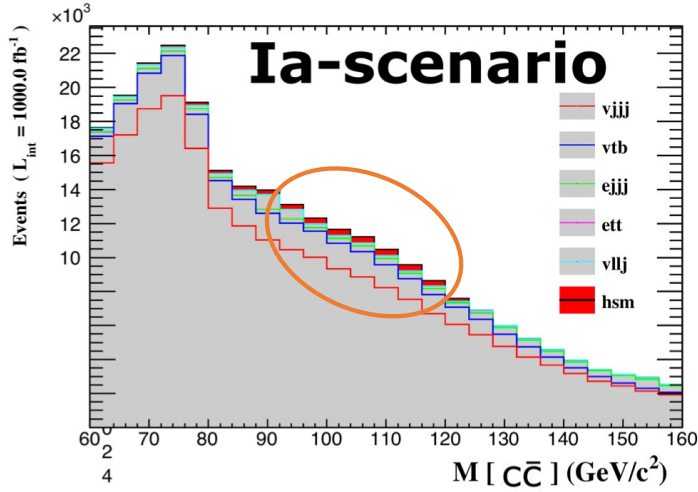
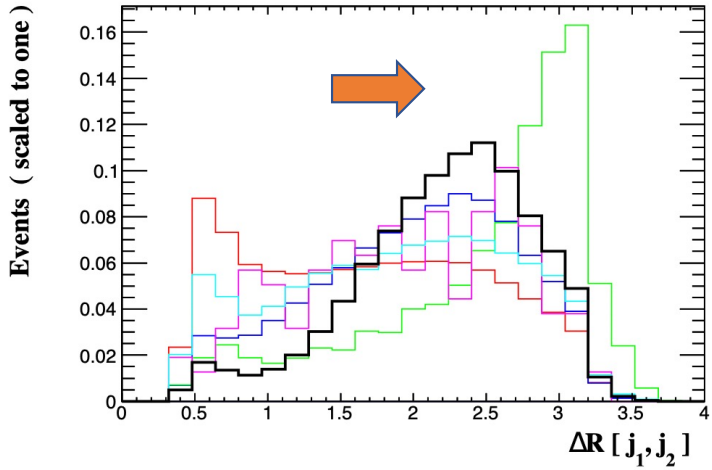


Los cortes se realizan con la finalidad de realzar la señal sobre el ruido de fondo. Pero siempre siendo consistentes con la física que se involucra.



Signal	Raw events	Sim Events	Set A)	Set B)	Set C)
Ia	875000	890530	633866 36075	190986 10869	91117 5186
$\Sigma\nu 3j$	1.89×10^8	19956113	176368197 10334771	40956844 2399977	9327890 546593
νtb	1.24×10^7	1254485	7880059 501285	1505048 95743	759201 48296
$\Sigma e 3j$	10^9	104495242	73393857 52792574	3093729 2225334	29137 20958
ett	350000	353583	26046 14764	380 215	109 62
$\Sigma\nu llj$	3090000	1434318	411923 134029	117562 38253	29915 9733

¡Vamos bien!



Signal	Raw events	Sim Events	Set A)	Set B)	Set C)	Set D)	Set E)	Significance
Ia	875000	890530	633866 36075	190986 10869	91117 5186	77079 4387	36054 2052	36.3 8.31
$\Sigma \nu 3j$	1.89×10^8	19956113	176368197 10334771	40956844 2399977	9327890 546593	4960087 290650	820718 48092	$\Sigma B =$ 950207 58865
νtb	1.24×10^7	1254485	7880059 501285	1505048 95743	759201 48296	548492 34892	123961 7886	
$\Sigma e 3j$	10^9	104495242	73393857 52792574	3093729 2225334	29137 20958	24770 17817	2750 1978	
ett	350000	353583	26046 14764	380 215	109 62	77 44	21 12	
$\Sigma \nu llj$	3090000	1434318	411923 134029	117562 38253	29915 9733	19052 6199	2757 897	

Conclusiones

- El camino desde la definición y construcción del modelo hasta la simulación de a nivel de detector se ha logrado
- Este camino aún es "artesanal", pero se continúa depurando
- Aún existen una gran cantidad de herramientas y métodos por implementar
- Si alguien fuera de aquí nos pregunta

